Г. С. ГЕНДИН

СОВЕТЫ

ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АППАРАТУРЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 627

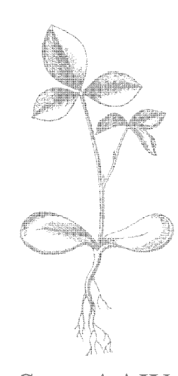
Г. С. ГЕНДИН

СОВЕТЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АППАРАТУРЫ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1967



УДК 621.37/39

Приводятся практические советы по выбору схемных и конструктивных решений при конструировании любительских усилителей, приемников, телевизоров и магнитофонов. Рассматриваются вопросы надежности любительской аппаратуры. Дается сравнительный анализ большого количества практических схем.

Книга рассчитана на радиолюбителей-конструкторов.

3-4-5
362-66

Гендин Геннадий Семенович
Советы по конструированию радиолюбительской аппаратуры.

Редактор *С. В. Литвинов*
Художественный редактор *Д. И Чернышев*
Техн. редактор *Т. Г. Усачева*
Корректор *И. А. Володяева*

Сдано в набор 10/IX 1966 г. Подписано к печати 2/II 1967 г. Т-01743.
Усл. печ. л. 10,92. Уч.-изд. л. 15,18. Формат $84\times108^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 2
Тираж 125 000 экз. Цена 61 коп. Заказ № 1203

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская гипография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокая квалификация к радиолюбителю приходит с годами, когда у него накапливается достаточный опыт самостоятельной работы. Почерпнуть этот опыт из технической литературы трудно. Обычно книги по радиотехнике либо представляют собой учебники, в которых излагается только теоретический материал, либо являются описаниями конкретных конструкций, где освещаются вопросы регулировки и налаживания только данного аппарата.

В этой книге делается попытка помочь радиолюбителю избежать ошибок в работе, вызванных недостатком практического опыта: грамотно осуществить выбор параметров, схемы и конструкции создаваемых им аппаратов (с учетом надежности и стоимости), облегчить их регулировку и налаживание.

Книга совершенно не затрагивает теоретических вопросов; она является лишь вспомогательным, но не учебным пособием.

Большинство приводимых в книге советов не являются универсальными рецептами, гарантирующими начинающему радиолюбителю успех при постройке той или иной конструкции. Их назначение — предостеречь от ошибок, наиболее характерных для многих начинающих (да и не только начинающих) радиолюбителей, а также помочь выбрать наиболее правильное решение из нескольких возможных.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Что такое «грамотное конструирование»?

Конечная цель любой радиолюбительской работы — создание работоспособного аппарата, могущего выполнять присущие ему функции и удовлетворяющего определенным требованиям. В очень многих любительских конструкциях эта цель достигается далеко не полностью Созданный любителем магнитофон, например, может неплохо воспроизводить звук, но иметь совершенно неудовлетворительный тракт записи или не обеспечивать полного стирания старой записи. Любительские телевизоры сплошь и рядом имеют нелинейные и геометрические искажения растра, недопустимые для промышленных телевизоров; чувствительность на различных каналах в любительских телевизорах нередко различается в десятки раз. Часто любительские конструкции не выдерживают повышения напряжения на 5—10% и выходят из строя. Все это является следствием неграмотного конструирования и несоблюдения элементарных требований, которые обязательно должны выполняться при постройке любого радиоаппарата.

Нужно всегда стремиться к созданию полностью законченных, завершенных конструкций, удовлетворяющих предъявленным требованиям и могущих надежно работать длительное время.

Только в создании таких конструкций в преодолении возникающих трудностей, в доведении до конца поставленной задачи совершенствуется и оттачивается мастерство радиолюбителя, растет и формируется настоящий радиолюбитель-конструктор.

Главная задача конструирования состоит прежде всего в четком формулировании содержания и объема предстоящей работы, обоснованном выборе параметров будущего аппарата с учетом его назначения и условий работы, прикидочном расчете блок-схемы, выборе типов ламп или транзисторов, источников питания и оценке стоимости аппарата с учетом возможностей приобретения тех или иных деталей. После решения этих предварительных вопросов составляют и уточняют полную принципиальную схему будущего аппарата, выбирают типы и номиналы резисторов, конденсаторов и других деталей, оценивают степень надежности. Одновременно решают конструктивные вопросы, выбирают способ монтажа (печатный, навесной, блочный, кроссовый и т. п.), обосновывают взаимное расположение деталей, ламп, органов управления. Наконец, решаются вопросы внешнего оформления, отделки, украшения.

Как правильно выбрать параметры будущего аппарата? Ответ на этот вопрос зависит от назначения и условий работы аппарата, а также от требований, которые к нему предъявляются. По своему назначению широковещательные радиоприемники, например, разделяются на индивидуальные и коллективные; приемник может предназначаться для работы в походных условиях, в автомобиле, в стационарных условиях и т. д.

Таким образом, прежде всего необходимо определить назначение и условия работы будущего аппарата, включая определение рода и источника питания. Второй этап — решение вопроса о том, какой из параметров будущего аппарата будет главным, определяющим. Например, для телевизора таким параметром может быть размер изображения, для магнитофона — количества и величины скоростей движения ленты, для приемника — количество поддиапазонов, чувствительность, избирательность, неискаженная выходная мощность.

Одновременно решается вопрос о качественном уровне выбранного главного параметра, например, полосы воспроизводимых частот, уровня нелинейных искажений, собственного фона для магнитофона на выбранной скорости движения ленты.

Вопрос о качественном уровне выбранного главного параметра необходимо решать с учетом реальных условий работы будущего аппарата и возможностей радиолюбителя. О том, как это делать, мы ниже расскажем более подробно.

Прикидочный расчет блок-схемы производят после того, как определены основные параметры будущего аппарата. Здесь радиолюбителю представляются большие возможности для самостоятельного творчества. Это объясняется тем, что одни и те же параметры могут быть достигнуты различными схемными решениями.

Задача грамотного конструирования на этом этапе состоит в тщательном сравнительном анализе различных схемных решений, оценке достоинств и недостатков каждого решения и отборе наиболее надежного или наиболее дешевого и простого решения (в зависимости от поставленной задачи). Очень полезно ознакомиться с блок-схемами аналогичных аппаратов промышленного производства (как отечественных, так и зарубежных) и сравнить их с выбранной блок-схемой своего аппарата.

Более подробно о выборе блок-схем конкретных аппаратов будет сказано в соответствующих главах (о приемниках, телевизорах, звукозаписи и т. д.).

Определение технических требований на аппарат начинают с уточнения его назначения и условий работы. Так, для телевизора — это количество зрителей и наибольшее возможное расстояние между зрителями и экраном, что определяется помещением, в котором предполагается установить телевизор. Для стационарного приемника с питанием от сети переменного тока — это объем и площадь помещения, где он будет работать, цели приема (местный или дальний прием, высококачественный прием музыкально-художественных передач, объемное или стереофоническое воспроизведение звука и др.), для магнитофонов это прежде всего вопрос их транспортабельности, а следовательно, габаритов и веса и т. д.

Задаваться значениями тех или иных параметров радиолюбитель должен, исходя прежде всего из действительной необходимости и с учетом реальных условий и возможностей, а не просто из желания создать аппарат «экстракласса», поскольку чем сложнее проектируе-

мый аппарат, тем труднее его отрегулировать, а следовательно, и получить заданные параметры.

Электрический расчет любого радиоаппарата можно разбить на два этапа. Первый этап — вычисление по заданным параметрам основных показателей. Для радиоприемников, например, это коэффициент усиления, число усилительных каскадов, коэффициент перекрытия диапазона и следовательно число поддиапазонов, в магнитофонах — скорости движения ленты, необходимые для обеспечения заданной полосы пропускания, и т. д.

Второй этап состоит в выборе типов ламп и транзисторов, расчете их режимов, выборе номиналов резисторов и конденсаторов, определении данных контурных катушек и т. д.

Первый этап расчета совершенно необходим при конструировании любого радиолюбительского аппарата, и радиолюбитель обязан научиться производить такие расчеты, пользуясь имеющейся литературой.

Второй этап расчета может быть заменен использованием известных типовых схем отдельных узлов и каскадов, приводимых в различных описаниях любительских и промышленных конструкций и радиолюбительских справочниках.

Типовые схемы отдельных каскадов различных радиоаппаратов приведены в соответствующих главах этой книги.

Экономическое обоснование выбора конструкции

Экономический расчет радиоаппарата в любительских условиях не преследует цели предельного снижения его стоимости, а призван научить радиолюбителя анализировать возможные технические решения с учетом стоимости готового аппарата и выбирать наиболее экономичные. Надо всегда помнить, что грамотно сконструированным аппаратом можно считать лишь такой, в котором заданное качество достигнуто с минимальными затратами.

При экономическом обосновании того или иного схемного или конструктивного решения нужно прежде всего выбрать главный критерий экономической целесообразности, который может быть определен задачей конструирования: создание аппарата минимального объема, минимальной стоимости, максимальной надежности, наибольшей экономичности по питанию и т. п.

Во всех случаях оптимальные решения будут различными как в схемном и конструктивном, так и в экономическом отношениях. Ниже мы приводим рекомендации по обоснованию главного критерия экономичности.

Конструкции минимальной стоимости — это в основном радиоаппараты с весьма низкими параметрами и невысокой надежностью. Радиопромышленность всех стран выпускает такие аппараты в расчете на потребителя, который не может приобрести более дорогие конструкции и вынужден мириться с невысоким качеством приобретаемого аппарата.

В радиолюбительской практике, когда изготавливается всего лишь один экземпляр радиоаппарата для личного пользования, его стоимость, как правило, не должна определять схемное и конструктивное решения в тех случаях, когда это может привести к ухудшению заданных параметров и снижению надежности.

Конструкции минимального объема или веса создают тогда, когда их основное назначение связано с необходимостью транспорти-

ровки. Примером таких конструкций могут служить репортерский магнитофон, переносные приемники, портативные проигрыватели с усилителями и т. д. Нужно иметь в виду, что значительное снижение размеров и веса конструкций влечет за собой понижение их надежности и удорожание, поскольку при малых габаритах аппарата монтаж всегда бывает скученным, а малогабаритные и миниатюрные детали дороже деталей обычных размеров.

Поэтому создавать аппаратуру минимальных веса и объема нужно лишь в тех случаях, когда это действительно вызвано необходимостью. При конструировании стационарных аппаратов в качестве главного критерия правильнее выбирать максимальную надежность.

Конструкции максимальной надежности — это конструкции, в которых приняты специальные меры, обеспечивающие работоспособность аппарата в тяжелых эксплуатационных условиях и повышающие его долговечность. Конструкция может считаться максимально надежной лишь в том случае, если в ней заложены специальные схемные и конструктивные решения, обеспечивающие повышенную надежность и долговечность аппарата.

Способы повышения электрической и конструктивной надежности аппаратуры будут рассмотрены ниже.

Конструкции наибольшей экономичности по питанию — это, как правило, переносные батарейные аппараты, в которых для повышения экономичности по питанию нередко идут на ухудшение отдельных параметров и некоторое снижение надежности. В таких аппаратах часто применяют рефлексное использование ламп и транзисторов, хотя это снижает устойчивость работы аппарата в целом и усложняет его регулировку.

В радиолюбительской практике создание конструкций наибольшей экономичности по питанию оправдано лишь для карманных приемников и переносных транзисторных магнитофонов. Аппараты этой группы всегда трудны в регулировке.

Конструкции повышенной комфортабельности — это в большинстве случаев аппараты с параметрами первого класса, содержащие ряд дополнительных автоматических регулировок, а также устройств автоматики и телемеханики, повышающих удобство эксплуатации аппарата.

Поскольку устройства автоматики и схемы автоматического регулирования сложны, конструкции повышенной комфортабельности обычно имеют пониженную надежность, а также значительно дороже обычных аппаратов первого класса. Радиолюбителям нужно очень осторожно подходить к решению вопроса о создании аппаратуры повышенной комфортабельности, тщательно взвешивать необходимость введения дополнительных автоматических регулировок и элементов автоматики и телеуправления.

Электрическая надежность аппарата

Электрическая надежность аппарата — это его способность в течение длительного времени продолжать работу и обеспечивать все предусмотренные при конструировании параметры при работе в тяжелых эксплуатационных условиях (низкая и высокая окружающая температура, повышенная влажность, повышенное и пониженное напряжения источника питания, тряска, вибрации и т. п.).

При конструировании любого радиоаппарата необходимо учитывать все реальные условия, в которых он будет работать.

Нужно знать, например, что чувствительность приемников и усилителей падает при понижении напряжения питания, а устойчивость работы усилителей, наоборот, понижается при повышенном напряжении питания. Точно так же для транзисторных приемников наименьшая неискаженная выходная мощность получается при повышенной окружающей температуре, а устойчивость работы гетеродина, наоборот, понижается при понижении окружающей температуры. Таких примеров можно привести очень много.

Коэффициент использования деталей является одним из основных показателей, характеризующих надежность работы любого радиоаппарата. Коэффициент использования показывает, какова в процентном отношении реальная нагрузка на данную деталь по сравнению с допустимой. Если, например, на резисторе с допустимой мощностью рассеяния 2 *вт* рассеивается электрическая мощность 1,8 *вт*, то это соответствует коэффициенту использования резистора по мощности, равному 90% (или 0,9).

Если коэффициент использования деталей, входящих в радиоаппарат, близок к единице или равен ей, то надежность такого аппарата ничтожна, так как при малейшем изменении условий работы аппарата (например, повышение напряжения питающей сети на +5%) коэффициент использования отдельных деталей может превысить единицу и деталь может выйти из строя.

Для того чтобы радиоаппарат сохранял работоспособность в различных эксплуатационных условиях, коэффициент использования деталей не должен превышать некоторого предельного значения.

В литературе по надежности радиоаппаратуры приводятся довольно разноречивые сведения по оптимальному коэффициенту использования. Ниже приводятся рекомендуемые для радиолюбителей коэффициенты использования. Так как в любительских условиях показатель надежности является более важным, чем показатель стоимости аппарата, почти всегда оправдано использование более дорогих деталей, так как при этом удается обеспечить меньший коэффициент использования и, следовательно, более высокую надежность аппарата в целом.

Коэффициент использования резисторов по мощности при номинальном напряжении сети и комнатной температуре не должен превышать 60% для резисторов сопротивлением до 1 *Мом* и 40% для резисторов сопротивлением свыше 1 *Мом*. Для любых резисторов с номинальной мощностью рассеяния больше 2 *вт* коэффициент использования по мощности не должен превышать 60% при наибольшей температуре окружающей среды.

При создании конструкций минимальных объема и веса коэффициент использования постоянных сопротивлений может быть увеличен до 0,85 при наибольшей температуре окружающей среды и повышенном напряжении питания. В конструкциях повышенной надежности эта величина не должна превышать 0,5.

Коэффициент использования электролитических конденсаторов по напряжению не должен превышать при наибольшем (допустимом) напряжении сети и повышенной температуре окружающего воздуха 70%, а для остальных конденсаторов — 80%. В конструкциях минимальных объема и веса эти цифры могут быть повышены соответственно до 80 и 90%, а в конструкци-

ях повышенной надежности допустимый коэффициент использования равен 0,6.

Коэффициент использования ламп и транзисторов по напряжению и току существенно зависит от режимов их работы и для различных каскадов может колебаться в больших пределах. Так, например, для мощных усилительных ламп в режиме А коэффициент использования по напряжению и току свыше 0,7 уже существенно снижает надежность усилителя, тогда как те же лампы или транзисторы в режиме В или в схеме генератора (например, генератор тока стирания и подмагничивания в магнитофонах) допускают коэффициент использования вплоть до значений 0,85—0,9 при такой же надежности.

В дальнейшем при рассмотрении схем отдельных аппаратов мы будем оговаривать оптимальные значения коэффициентов использования ламп и транзисторов для различных конкретных случаев. Общие же положения по надежности работы ламп и транзисторов предусматривают следующие правила:

1. Недопустимо использовать лампу или транзистор, если два, их параметра или больше (например, напряжение на аноде, напряжение на экранирующей сетке и ток экранирующей сетки) соответствуют коэффициенту использования 0,9 и выше.

2. Недопустимо использовать лампу или транзистор, если температура их корпуса (баллона) превышает 0,8 допустимого значения в наиболее тяжелых эксплуатационных условиях после восьмичасовой непрерывной работы. Если такой нагрев имеет место, необходимо увеличивать площадь радиаторов для транзисторов, а на лампы надевать специальные радиаторы или принимать меры для их принудительного охлаждения.

3. Если лампа почему-либо работает на нижнем пределе по напряжению накала, коэффициент использования лампы по току для всех электродов не должен превышать 0,5.

При конструировании аппаратов повышенной надежности указанные цифры должны быть изменены в сторону большего запаса надежности на 20—25%.

Способы повышения электрической надежности в основном сводятся к уменьшению тем или иным образом коэффициента использования деталей. Для этого обычно применяют при конструировании и изготовлении аппарата детали, рассчитанные на возможно бо́льшие рабочие напряжения, мощности, токи.

Однако существуют и другие способы повышения надежности, основанные на использовании таких схемных решений, при которых из схемы удается исключить наименее надежные детали или снизить общее число малонадежных деталей. Так, в промышленных телевизорах часто вместо низковольтного выпрямителя (на 250—300 *в*) и многочисленных делителей и гасящих резисторов, необходимых для обеспечения рабочих режимов во всех каскадах, применяют выпрямитель с удвоением напряжения и двумя значениями выпрямленного напряжения: 150 и 300 *в*. При этом путем соответствующего комбинирования цепей питания анодов и экранирующих сеток ламп удается исключить из схемы делители и гасящие резисторы (либо свести их число к минимуму), что значительно повышает надежность телевизора.

Конструктивная надежность аппарата

Конструктивная надежность аппарата играет не меньшую роль, чем электрическая, однако при определении конструктивной надежности применяют совсем иные критерии.

К конструктивной надежности относятся вопросы надежности и прочности конструктивных узлов радиоаппарата (например, форма шасси, имеющего наибольшую прочность при наименьшем весе), а также частные вопросы, связанные с применением в изготавливаемых аппаратах различных механических устройств (двигатели и

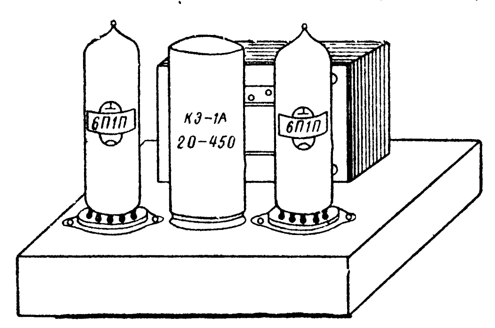


Рис. 1-1. Неправильное размещение электролитического конденсатора.

прижимные механизмы в магнитофонах, кинематические устройства в проигрывателях с автоматами для смены пластинок и т. п.).

Рассмотрим здесь лишь общие для всех аппаратов вопросы конструктивной надежности. Частные вопросы будут освещены в соответствующих главах книги.

Низкая конструктивная надежность радиоаппаратуры, обычно является следствием одной из следующих причин:

Применение материалов, механическая, термическая и электрическая прочность которых недостаточна для обеспечения высокой работоспособности аппарата. В качестве примера можно привести использование для изготовления каркаса строчного трансформатора обычного миллиметрового плексигласа, который при температуре 60—70° С «плывет», т. е. размягчается и теряет форму, что приводит к электрическому пробою трансформатора.

Неграмотное размещение деталей на шасси без учета их температурных режимов. Так, на рис. 1-1 электролитический конденсатор помещен между мощными лампами оконечного каскада, излучающими интенсивный тепловой поток, что приводит к быстрому «высыханию» конденсатора и выходу его из строя.

Использование для монтажа слишком тонких одножильных проводов или, наоборот, чрезмерно толстых многожильных. В первом случае провода легко обламываются, во втором нередки замыкания между двумя соседними проводами (например, на соседних лепестках панельки пальчиковой лампы).

Несоблюдение необходимых зазоров между проводами и деталями, находящимися под высоким напряжением (например, в высо-

ковольтных цепях телевизора), и шасси (или другими проводами и деталями), а также недостаточная изоляция или низкая электрическая прочность монтажных материалов (провода, опорные точки, монтажные планки и т. п.), используемых в цепях высокого напряжения.

Заземление электрических цепей с помощью лепестка на алюминиевое или стальное шасси, не защищенное от коррозии. В этих случаях со временем нарушается электрический контакт между шасси и заземляемой цепью, что приводит к выходу аппарата из строя.

Для конструктивной надежности любого радиоаппарата важное значение имеют форма и размеры шасси, материал, из которого оно изготовлено, а также правильное распределение механических нагрузок на шасси и другие несущие детали конструкции. Для больших настольных и консольных конструкций (радиолы, магнитолы, радиокомбайны), содержащих большое количество ламп (свыше семи), можно рекомендовать сварную конструкцию шасси из оцинкованной или пассивированной стали толщиной от 1 до 1,5 *мм*. Если отношение длины шасси к ширине превышает 2, рекомендуем посредине шасси приварить или в крайнем случае приклепать (но не привертывать винтами!) поперечную перегородку из такого же материала.

Для многоламповых конструкций (15—20 ламп), потребляющих большую электрическую мощность, силовую часть вместе с трансформатором питания, дросселями фильтра и электролитическими конденсаторами желательно вынести на отдельное небольшое шасси, изготовленное из оцинкованной листовой стали толщиной 1,5—2 *мм* и соединяющееся с основным шасси кроссом с разъемом.

Шасси для небольших малоламповых конструкций (4—5 ламп) можно делать П-образным, соединяя для повышения прочности его переднюю и заднюю стенки двумя узкими полозьями, привертываемыми к стенкам винтами. В каждом полозе снизу можно просверлить по два отверстия с нарезанной 4-миллиметровой резьбой для крепления шасси к футляру. Для таких шасси можно применять либо оцинкованную листовую сталь толщиной 0,3—1,0 *мм*, либо твердый листовой алюминий толщиной 1,0—1,5 *мм*.

Для конструкций, выполненных методом печатного монтажа, вместо шасси нередко применяют несущую раму, на которой размещают трансформаторы, дроссели, электролитические конденсаторы, переключатели, а также сами печатные платы. В этих случаях для обеспечения необходимой механической прочности и надежности конструкции раму-основание лучше всего сваривать из так называемых «уголков» (металлических реек углового сечения). Если сварить раму из «уголков» нет возможности, можно вырубить необходимые отверстия под печатные платы в обычном металлическом шасси.

Конструктивная надежность малогабаритных транзисторных радиоприемников, усилителей и других приборов, особенно переносных, на 80% определяется надежностью закрепления на печатной плате наиболее крупных деталей — выходного и согласующих трансформаторов, ферритовой антенны, переключателя диапазонов, регулятора громкости, блока переменных конденсаторов и др. Совершенно недопустимо крепить эти детали, только припаивая их выводы к печатной плате. Каждая такая деталь должна быть укреплена на плате специальной крепежной скобой (или другим способом), но обязательно так, чтобы электрические выводы ее не несли никаких механических нагрузок.

Температурный режим и охлаждение аппарата

Температурный режим любого радиоаппарата является таким же важным параметром, определяющим его надежность и долговечность, как и электрический режим деталей.

Под температурным режимом следует понимать, во-первых, температуру нагрева различных деталей при установившемся режиме в наиболее тяжелых эксплуатационных условиях и, во-вторых, общие условия охлаждения, перераспределения температур между деталями и нежелательный нагрев одних деталей за счет излучения тепла другими. Весь этот комплекс вопросов должен обязательно учитываться, так как в противном случае аппарат будет иметь низкую надежность.

Конвекционная вентиляция ламп и деталей, излучающих наибольшее количество тепла, осуществляется путем такого расположения этих деталей на шасси, при котором имеется свободный доступ достаточного количества холодного воздуха снизу к этим деталям или лампам и обеспечен свободный отвод нагретого воздуха над ними. Если источник интенсивного излучения тепла (мощная оконечная лампа, трансформатор питания, генераторная лампа и др.) расположен вертикально на горизонтальном сплошном шасси (наиболее тяжелый случай), необходимо вокруг него насверлить в шасси 15—20 отверстий диаметром 4—6 *мм*, а на дне футляра под этим местом вырезать отверстие (окно) соответствующего размера. Сам футляр должен иметь снизу ножки высотой не менее 10 *мм* для обеспечения притока свежего воздуха снизу.

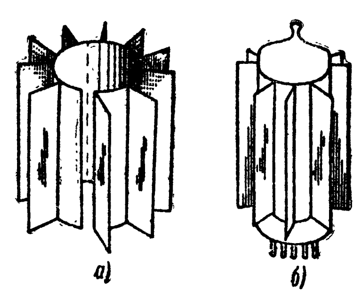


Рис. 1-2. Конструкции охлаждающих радиаторов для радиоламп.

В задней стенке футляра должна быть предусмотрена перфорация; диаметр отверстий должен быть не меньше 10 *мм*.

Наилучшие результаты конвекционного охлаждения дает горизонтальное расположение нагретых деталей и ламп на вертикальном шасси; вертикальные шасси наиболее желательны для аппаратов, содержащих каскады на мощных лампах или транзисторах.

Для лучшего охлаждения самих ламп, излучающих большие тепловые потоки, можно рекомендовать надевать на их баллоны специальные охлаждающие радиаторы, один из которых изображен на рис. 1-2, *а*. Конструкция радиатора и способ его применения понятны из рисунка. Материалом для радиатора может служить красная медь, алюминий или другие материалы с хорошей теплопроводностью. Такие радиаторы целесообразно надевать на оконечные лампы в усилителях низкой частоты, на лампы, работающие в каскадах кадровой развертки телевизоров, генераторных каскадах магнитофонов.

Для охлаждения мощных транзисторов применяют теплоотводящие радиаторы, конструкции которых могут быть весьма разнообразными. Лучше всего использовать ребристые радиаторы, варианты конструкций которых приведены на рис. 1-3. Однако изготов-

ление таких радиаторов в любительских условиях довольно сложно, поэтому радиолюбителю можно рекомендовать более простые теплоотражатели, представляющие собой прямоугольные пластины из красной меди или алюминия толщиной 3—6 *мм*. Для улучшения теплоотвода рабочую поверхность радиатора в месте закрепления транзистора желательно отшлифовать таким образом, чтобы обеспечить наилучший механический контакт по всей плоскости разъёма между основанием корпуса транзистора и поверхностью радиатора.

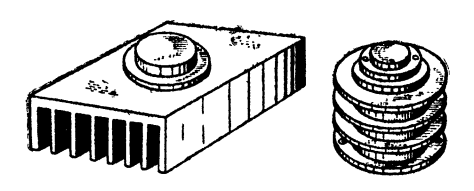


Рис. 1-3. Конструкции ребристых радиаторов для транзисторов.

Если радиатор в месте разъема будет неровным, то транзистор будет касаться радиатора лишь в отдельных точках, а остальное пространство между транзистором и радиатором будет заполнено воздухом, являющимся плохим проводником тепла. В этом случае радиатор фактически будет бездействовать, а транзистор — перегреваться.

Электрические и магнитные наводки и экранирование

Различные электрические и магнитные наводки являются важным фактором, определяющим такие параметры радиоаппарата, как уровень собственных шумов, фона, а также склонность усилительных трактов к самовозбуждению.

Низкочастотные электрические и магнитные наводки имеют место в любом радиоаппарате с питанием от сети переменного тока. Их основным источником являются трансформатор питания, цепи коммутации сетевой обмотки, выключатель сети, предохранитель, цепи накала ламп, а также дроссели фильтра и провода, идущие от повышающей обмотки трансформатора питания к выпрямляющему элементу и от выпрямляющего элемента к дросселю фильтра и первому (входному) конденсатору фильтра выпрямителя.

Элементами схемы, наиболее подверженными низкочастотным наводкам, являются первые каскады усилителей низкой частоты, разъемы и коммутаторы на входе усилителей НЧ, регуляторы громкости и тембра и их цепи, воспроизводящая и записывающая головки магнитофонов, микрофонные трансформаторы, а также цепи строчной и кадровой разверток в телевизорах. Помимо этого, магнитные наводки от трансформатора питания могут воздействовать на кинескоп телевизора, что приведет к искажениям растра.

В магнитофонах и проигрывателях источником дополнительных низкочастотных наводок могут служить электродвигатели.

Каковы меры по борьбе с указанными наводками? Это прежде всего защита входных цепей усилителей низкой частоты, а также цепей разверток телевизора от влияния магнитных и электрических полей блока питания и его цепей, а также экранирование узлов и деталей источника наводок — блока питания.

Источником магнитных полей звуковой частоты могут быть также выходной трансформатор звука и дроссель фильтра при двухполупериодном выпрямителе (частота наводок 100 *гц*), а источником электрических полей — баллоны оконечных ламп УНЧ и выходного каскада строчной развертки, колба кинескопа и высоковольтные цепи в телевизоре (частота наводок порядка 15—16 *кгц*).

Во всех случаях методами борьбы с наводками являются экранирование как источника наводок, так и поражаемых цепей, а также рациональное расположение деталей и продуманный монтаж.

Радиочастотные наводки имеют место в радиоприемниках и телевизорах и приводят либо к снижению усиления радиоканала за счет отрицательной обратной связи, либо к понижению устойчивости работы и самовозбуждению канала. В отличие от низкочастотных наводок высокочастотные наводки обладают в воздухе значительно меньшим затуханием и поэтому поражают бо́льшую площадь. Это затрудняет борьбу с ними.

Основной путь снижения высокочастотных наводок — рациональный монтаж с предельно короткими соединительными проводами между отдельными узлами и деталями блока ВЧ, надежное заземление всех нулевых точек схемы, тщательное электростатическое экранирование всех элементов контуров, а также баллонов ламп и корпусов высокочастотных транзисторов.

Поскольку вопросы наводок и экранирования являются весьма специфичными для разных типов радиоаппаратов, подробное описание способов борьбы с наводками будет приведено в соответствующих главах (о приемниках, телевизорах, магнитофонах).

Рациональное размещение узлов и деталей

Рациональное размещение узлов и деталей на шасси любого аппарата преследует три цели: облегчение теплового режима внутри аппарата, предельное уменьшение влияния различных паразитных связей и наводок и совмещение центра тяжести аппарата с его геометрическим центром. Последнее обстоятельство является одним из основных для переносных конструкций.

Многокаскадные усилители высокой, промежуточной и низкой частоты для предельного уменьшения паразитных наводок и повышения стабильности нужно стремиться располагать на шасси «линейкой», т. е. таким образом, чтобы лампы (или транзисторы) отдельных каскадов располагались по одной прямой, а переходные элементы между ними (высокочастотные и низкочастотные трансформаторы, фильтры ПЧ и др.) конструктивно размещались так же, как на схеме, т. е. между ними. В этом случае источник наиболее интенсивных наводок (оконечные цепи усилителя) предельно удален от цепей, наиболее подверженных действию помех, — входных цепей того же усилителя.

На рис. 1-4 приведена блок-схема радиоканала телевизора и показаны неправильное (*а*) и правильное (*б*) конструктивные решения. На рис. 1-4, *а* конденсаторы C_1, C_2 и C_3 расположены хотя и в

одном месте, но далеко от ламп, к которым они относятся, а элементы схемы расположены не по «линейке». Лампы $Л_6$ и $Л_8$, а также контуры $К_3$ и $К_6$ оказались рядом, что может привести к возникновению положительной обратной связи. На рис. 1-4, *б* эти недостатки устранены.

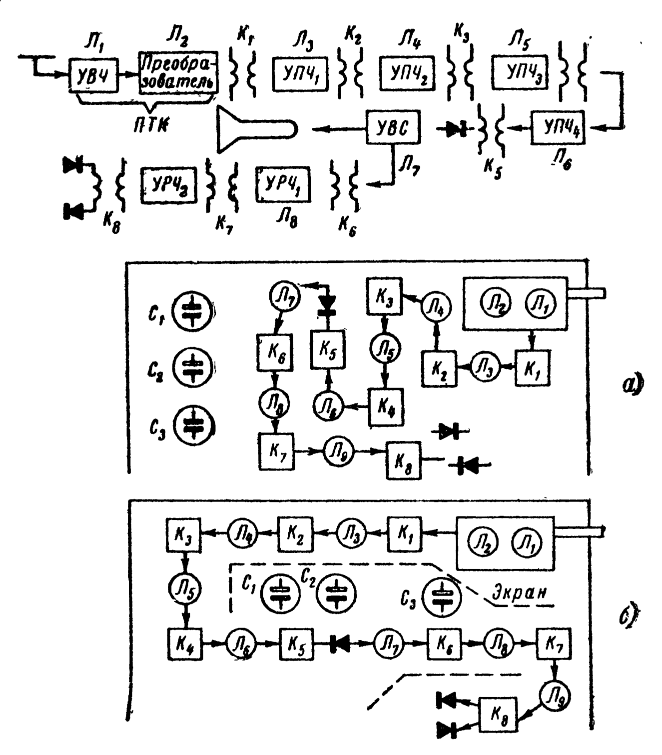


Рис. 1-4. Блок-схема радиоканала и компоновка элементов на шасси.

а — неграмотная компоновка; *б* — грамотная компоновка.

Взаимное расположение выходного трансформатора и трансформатора питания должно быть подчинено уменьшению магнитной связи между ними и равномерному распределению веса на шасси.

Для обеспечения первого требования сердечники обоих трансформаторов нужно располагать взаимно перпендикулярно, а трансформаторы разносить на предельное расстояние друг от друга. Однако при этом необходимо, чтобы ни выходной трансформатор, ни трансформатор питания не оказался в непосредственной близости от первой лампы УНЧ, входных цепей и регуляторов громкости и тембра, так как при их близком взаимном расположении возрастут паразитные связи.

Оценка параметров радиоаппарата

Оценка параметров изготовленного радиоаппарата позволяет выяснить, насколько полученные реальные результаты соответствуют задуманным при конструировании. Методы оценки параметров радиоаппаратов могут быть самыми различными, однако в любительской практике наиболее целесообразно производить электрические измерения основных параметров — чувствительности, избирательности, выходной мощности, полосы пропускания и др.

Для измерения параметров необходима соответствующая измерительная аппаратура.

Иногда квалифицированные радиолюбители проводят специальные испытания изготовленной аппаратуры, включающие в себя электрические и температурные измерения в различных неблагоприятных условиях (повышенные и пониженные напряжения источника питания, резкие перепады окружающей температуры, многочасовая непрерывная работа и т. п.). Такие испытания позволяют достоверно определить надежность созданного аппарата.

В радиолюбительских условиях крайне желательно проверять следующие параметры:

для радиоприемников — чувствительность на каждом диапазоне, избирательность по промежуточной частоте для супергетеродинов и на наиболее коротковолновом диапазоне для приемников прямого усиления, чувствительность с входных гнезд звукоснимателя, неискаженную выходную мощность, сквозную полосу пропускания (на каждом диапазоне), полосу пропускания низкочастотной части, уровень собственного фона, а также пределы регулировки всех регуляторов (громкости, тембра, полосы пропускания и др.);

для телевизоров — чувствительность и избирательность на каждом рабочем канале, неравномерность сквозной частотной характеристики на каждом канале, пределы ручной регулировки яркости, контрастности, четкости, фокусировки, размеров и линейности изображения, эффективность АРУ, величину ускоряющего напряжения на кинескопе и геометрические искажения растра; кроме того, проверяются параметры низкочастотной части и радиочасти канала звукового сопровождения;

для магнитофонов — реальную величину скорости движения ленты (на каждой рабочей скорости в начале и конце стандартной катушки ленты), частоту и форму тока стирания и подмагничивания, а также его величину, уровень собственных шумов в режимах записи и воспроизведения, сквозную реальную полосу пропускания на каждой скорости и каждой дорожке (для двух- и четырехдорожечных аппаратов — с воспроизведением в обе стороны); кроме того, очень желательно определить степень «плавания» и детонации, однако эти измерения довольно сложны и в любительских условиях не всегда осуществимы.

Эффективным видом испытаний готового аппарата является прогон.

Прогон — это специальный вид испытаний, позволяющий, во-первых, определить степень надежности аппарата и, во-вторых, выявить и устранить наиболее слабые в смысле надежности узлы и детали аппарата. Прогон представляет собой многочасовую (обычно в течение 10—12 *ч*) непрерывную работу аппарата при напряжении сети, превышающем номинальное на 10%. Если в течение прогона в аппарате ни разу не нарушилась ни одна из его функций, на-

дежность аппарата можно считать хорошей. Если же во время прогона какие-либо из деталей выйдут из строя, то после их замены необходимо тщательно измерить режим работы этих деталей и оценить коэффициент их использования, а при коэффициенте, близком к единице, принять меры по его снижению (например, увеличить мощность применяемого резистора).

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВЫПРЯМИТЕЛИ И ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Выбор схемы выпрямителя

Для любого радиоаппарата, кроме детекторного приемника, нужен источник питания. Выбор схемы источника питания во многом определяет экономичность и надежность аппарата. Любительская радиоаппаратура, как правило, питается или от сети переменного тока, или от источников постоянного тока (батареи, аккумуляторы).

Сетевой вариант почти всегда предполагает питание аппарата от однофазной сети переменного тока с частотой 50±2 *гц* и напряжением 110, 127 или 220 *в*, изменяющимся на ±10%. Цепи накала ламп питаются переменным током через понижающие обмотки трансформатора питания, а анодно-экранные цепи — постоянным током, который получается на выходе выпрямителя, являющегося обязательной составной частью любого радиоаппарата, питающегося от сети переменного тока. Высокое напряжение для выпрямителя снимается с повышающей обмотки трансформатора.

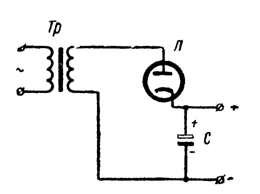


Рис. 2-1. Схема однополупериодного выпрямителя.

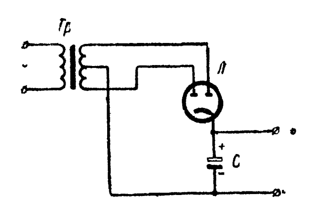


Рис. 2-2. Схема двухполупериодного выпрямителя.

Поскольку существует много схем выпрямителей, рассмотрим некоторые из них с указанием достоинств и недостатков каждой.

Однополупериодный выпрямитель, изображенный на рис. 2-1, — самый простой. Его достоинство в том, что он состоит всего из двух деталей — выпрямительной лампы или полупроводникового диода и конденсатора, с которого снимается выпрямленное напряжение. Недостатки такого выпрямителя — низкий к. п. д. и плохая фильтрация выпрямленного напряжения.

Однополупериодный выпрямитель выгодно применять в случаях, когда с него снимается небольшой выпрямленный ток (не свыше

10—15 *ма*) или когда частота переменного напряжения повышена (10—15 *кгц*), так как в этих случаях достаточную фильтрацию выпрямленного напряжения удается получить при небольших емкостях конденсаторов фильтра.

Однополупериодный выпрямитель можно рекомендовать для цепей смещения, в качестве основного выпрямителя — для одно-двухламповых измерительных приборов, а также для получения ускоряющего напряжения на кинескоп в телевизорах при питании выпрямителя от выходного трансформатора строчной развертки (частота около 16 *кгц*).

Двухполупериодный выпрямитель (рис. 2-2) — самый распространенный. Он содержит два полупроводниковых диода или двуханодный кенотрон с общим катодом. Достоинства выпрямителя — высокий к. п. д. и достаточная фильтрация выпрямленного напряжения за счет того, что переменная составляющая фона на выходе выпрямителя имеет вдвое бо́льшую частоту, чем в сети. К недостаткам следует отнести бо́льшую, чем у однополупериодного выпрямителя, сложность схемы, наличие двух выпрямительных элементов, необходимость иметь повышающую обмотку с отводом от средней точки.

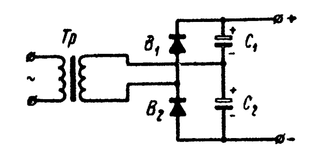


Рис. 2-3. Схема двухполупериодного выпрямителя с удвоением напряжения.

Двухполупериодная схема может быть рекомендована почти во всех радиоустройствах в качестве основного выпрямителя питания. Не оправдано применение схемы в выпрямителях цепей смещения и высоковольтных выпрямителях для получения ускоряющего напряжения в телевизорах и электронных осциллографах.

Двухполупериодный выпрямитель с удвоением выпрямленного напряжения (рис. 2-3) позволяет получить от однофазной повышающей обмотки выпрямленное напряжение, величина которого при больших емкостях конденсаторов фильтра достигает 2,2—2,8 значения переменного напряжения на обмотке (в зависимости от величины нагрузки). Эта схема называется еще схемой Латура.

В схему выпрямителя входят два выпрямляющих элемента (B_1 и B_2) и два электролитических конденсатора (C_1 и C_2). Каждый диод работает в течение одного полупериода, заряжая при этом один из конденсаторов, а так как оба конденсатора включены последовательно, напряжения на них складываются

Применение схемы Латура целесообразно в двух случаях: при бестрансформаторном питании, когда она позволяет непосредственно от сети 110—127 *в* получить выпрямленно напряжение 250—270 *в*, а также в случае необходимости иметь на выходе выпрямителя два разных напряжения (например, 280 и 140 *в*). В этом случае меньшее напряжение снимается с одного нижнего (по схеме) конденсатора, а полное напряжение — с обоих последовательно включенных конденсаторов.

Схема имеет существенный недостаток: при удвоении напряжения сети без трансформатора вся минусовая цепь оказывается под напряжением по отношению к земле (заземлять шасси нельзя, так как при этом произойдет короткое замыкание сети). Кроме того, при случайном касании шасси или любой металлической детали,

соединенной с шасси (оси потенциометров, зажимы адаптера и др.), возможно поражение током.

При монтаже выпрямителя необходимо изолировать от шасси минусовую обкладку (корпус) верхнего (по схеме) электролитического конденсатора.

Схему Латура можно рекомендовать либо для дешевых маломламповых приемников 4-го класса с бестрансформаторным питанием, либо для телевизоров, где эта схема особенно целесообразна из-за необходимости иметь два разных выпрямленных напряжения.

Мостовая схема выпрямителя (рис. 2-4) требует однофазной обмотки без «средней точки» и обеспечивает двухполупериодное вы-

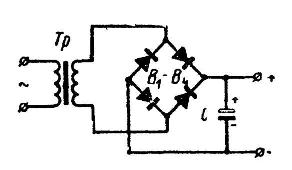


Рис. 2-4. Мостовая схема выпрямителя.

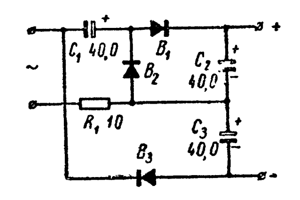


Рис. 2-5. Схема выпрямителя с утроением напряжения.

прямление. Она обладает всеми достоинствами обычной двухполупериодной схемы, не имея ее недостатков. В то же время схема требует четырех выпрямительных элементов. До появления полупроводниковых диодов схема почти не применялась, так как она требовала минимум двух двуханодных кенотронов с раздельными катодами (фактически четыре лампы).

Теперь, когда имеются дешевые и надежные кремниевые силовые диоды и специальные мостовые выпрямители типа АВС (например, АВС-120-270), эта схема повсюду вытесняет двухполупериодную. Большинство современных вещательных радиоаппаратов промышленного производства имеет именно такие выпрямители. Их можно рекомендовать и радиолюбителям.

Схемы с умножением напряжения применяются в любительской практике значительно реже, поскольку они требуют большого количества деталей, а выпрямленное напряжение сильно зависит от их качества (обратное сопротивление диода, величина утечки конденсаторов и т. д.), и в большинстве случаев могут быть заменены другими схемами.

В качестве примера можно привести схему с утроением напряжения (рис. 2-5), которая часто применяется для питания второго анода кинескопа и высоковольтного делителя в осциллографах.

Автотрансформаторная схема питания отличается от обычной трансформаторной тем, что на трансформаторе питания отсутствует отдельная повышающая обмотка для выпрямителя, а высокое напряжение на выпрямитель снимается с отвода первичной (сетевой) обмотки. Этим достигается уменьшение веса трансформатора, его размеров, а также расхода медного обмоточного провода. Однако эти достоинства, имеющие значение при крупносерийном промышленном производстве, несущественны в радиолюбительской практике. В то же время автотрансформаторная схема имеет существенные

недостатки, вытекающие из того факта, что минусовая цепь выпрямителя оказывается гальванически соединенной с электросетью. Об этих недостатках уже говорилось при рассмотрении схемы выпрямителя с удвоением напряжения.

Таким образом, автотрансформаторная схема питания радиоаппаратуры не может быть рекомендована радиолюбителям ни при каких случаях, за исключением того, когда радиолюбитель собирается изготавливать малоламповый приемник 4-го класса и располагает готовым автотрансформатором от промышленного приемника.

Бестрансформаторная схема питания выгодна тем, что позволяет резко снизить вес радиоаппарата; поэтому ее применение целесообразно в малогабаритных приемниках, проигрывателях, магнитофонах, у которых все схемные и конструктивные решения подчинены задаче снижения веса и уменьшения размеров. За рубежом бестрансформаторная схема питания получила широкое распространение при создании телевизоров.

Надо сразу оговориться, что применять бестрансформаторную схему питания целесообразно лишь в тех случаях, когда имеется широкий ассортимент приемно-усилительных ламп, рассчитанных на последовательное соединение, т. е. имеющих одинаковую величину тока накала для всей серии. В Советском Союзе для этой цели могут быть использованы лампы с напряжением накала 6 *в* и током накала 0,3 *а*, с дополнением ламп 30П1С и 30Ц6С. Значительно меньшее распространение получили у нас лампы, рассчитанные на напряжение накала 12 *в* и ток накала 0,15 *а*, хотя они и выпускались отечественной промышленностью.

Выбор типа выпрямительного элемента

Кенотрон или полупроводниковый диод? Такой вопрос возникает почти всегда при конструировании выпрямителя. Рассмотрим случаи, когда предпочтение нужно отдать лампе.

Прежде всего — это высоковольтный выпрямитель для питания кинескопа или осциллографической трубки. Наличие надежных и экономичных высоковольтных кенотронов (1Ц1С, 2Ц2С, 1Ц11П, 3Ц18П и др.) и отсутствие кристаллических диодов на большие напряжения (10—20 *кв*) вынуждают применять лампу. Так же решается вопрос и для схемы демпфирования в блоках строчной развертки телевизоров. Для этих целей созданы специальные одноанодные кенотроны с хорошей изоляцией катода от накала и выводом катода в верхней части баллона (6Ц10П, 6Д14П, 6Ц19П — все пальчиковой серии).

Кенотроны следует применять и тогда, когда нужно, чтобы напряжение на выходе выпрямителя появлялось лишь после прогрева накала ламп. Такая необходимость чаще всего возникает при использовании мощных ламп (например, в мощных оконечных усилителях, оконечных каскадах радиопередатчиков и др.).

И, наконец, кенотроны целесообразно применять в выпрямителях с очень большой емкостью на входе фильтра (300 *мкф* и выше) для избежания начального броска тока, могущего вывести из строя полупроводниковый диод или предохранитель, если он включен до первого конденсатора фильтра.

Во всех остальных случаях предпочтение нужно отдать кристаллическим выпрямителям.

Следует учесть, что для кенотронов губительным является большой (10—15%) недокал, а для полупроводниковых диодов совершенно недопустимо даже кратковременное превышение предельных режимов, особенно если диод работает без теплоотводящего радиатора.

Нужно помнить также, что при использовании кенотрона потребляется дополнительная мощность порядка 10—15 *вт* для питания его нити накала, поэтому в небольших малоламповых конструкциях, потребляющих от сети 10—30 *вт*, применение кенотрона невыгодно.

Какой кенотрон или диод применить? Это зависит от данных схемы и параметров выпрямительного элемента, указанных в его паспорте или справочнике.

Допустимое обратное напряжение на кенотроне или диоде должно быть втрое больше выпрямленного напряжения. Максимальный средний выпрямленный ток не должен быть выше 0,8 величины, допустимой по паспорту для выпрямительного элемента.

Для полупроводниковых выпрямителей, работающих на емкостную нагрузку, при больших величинах емкости фильтра необходимо выбирать диод, допускающий кратковременную пятикратную импульсную перегрузку по току.

Выбор типа силового диода также существенно зависит от конструкции выпрямителя и условий охлаждения диода. Дело в том, что величина допустимого тока через диод жестко связана с его температурой. Чем выше температура диода, тем меньше допустимый ток. Если диод не охлаждать, то он быстро нагреется проходящим через него током и при этом выпрямитель сможет отдавать ток, значительно меньший, чем в первые минуты работы.

Во избежание перегрева диода нужно обеспечить хорошее отведение тепла от его корпуса. Это достигается рациональным расположением диода и применением специальных теплоотводящих радиаторов из алюминия или красной меди.

При применении кенотронов обычно возникает еще один важный вопрос — можно ли питать накал кенотрона от общей накальной обмотки. Это зависит от того, соединен ли вывод катода кенотрона с нитью накала внутри лампы, а также от величины допустимого постоянного напряжения между его накалом и катодом.

Существует ряд кенотронов с напряжением накала 6,3 *в* и отдельным выводом катода (6Ц4П, 6Ц5С, 6Ц10П, 6Ц19П и др.), накал которых можно соединять с общей накальной обмоткой остальных ламп, если напряжение на катоде кенотрона не превышает по отношению к его накалу допустимого значения. В противном случае накал кенотрона нужно питать от отдельной незаземленной обмотки, один из выводов которой нужно соединить с катодом кенотрона.

Кенотроны, у которых напряжение накала отличается от напряжения накала остальных ламп, а также кенотроны, у которых вывод катода соединен с накалом внутри лампы (например, 5Ц4С), и кенотроны прямого накала во всех случаях должны питаться от отдельной накальной обмотки, заземлять которую недопустимо. Важно при этом, чтобы сопротивление изоляции и пробивное напряжение обмотки накала кенотрона по отношению ко всем остальным обмоткам и керну трансформатора питания были достаточно высокими.

Полупроводниковые выпрямители нередко состоят из нескольких элементов. Последовательное соединение полупроводниковых диодов применяют в тех случаях, когда имеющиеся в наличии дио-

ды обеспечивают требуемую величину выпрямленного тока, но имеют недостаточное допустимое обратное напряжение. Соединять последовательно нужно столько диодов, чтобы суммарное допустимое обратное напряжение на них втрое превышало величину выпрямленного напряжения.

Поскольку диоды имеют весьма большой разброс по величине обратного сопротивления, во избежание пробоя одного из них необходимо при последовательном соединении применять только однотипные диоды. Если есть возможность, желательно отобрать такие диоды, у которых величины обратных сопротивлений различаются не больше чем на 10—15%. Помимо этого, очень полезно каждый из последовательно включенных диодов зашунтировать выравнивающим резистором сопротивлением 75—100 *ком*, рассчитанным на мощность 0,25—0,5 *вт*. Все выравнивающие резисторы должны быть обязательно одинаковыми.

Не рекомендуется соединять последовательно более трех диодов в одном плече выпрямителя.

Параллельное соединение полупроводниковых диодов применяют в тех случаях, когда один из имеющихся диодов не обеспечивает необходимый выпрямленный ток. Для параллельного соединения нужно брать только однотипные диоды. Не рекомендуется включать параллельно свыше трех диодов. Максимальный ток, отдаваемый выпрямителем, не должен превышать 0,7—0,8 суммарного допустимого тока через все параллельные диоды. Суммарным током нужно считать произведение допустимого тока через один диод на количество включенных параллельно диодов.

При параллельном соединении диодов желательно, чтобы величина прямого сопротивления у всех диодов была одинаковой.

Трансформатор питания

Для уменьшения фона, источником которого может служить трансформатор питания, нужно соблюдать определенные правила его конструирования, намотки и монтажа. Для уменьшения электрических наводок полезно применить металлический экран, который может быть с успехом заменен двумя металлическими крышками, закрывающими обмотку трансформатора со стороны окон сердечника (рис. 2-6).

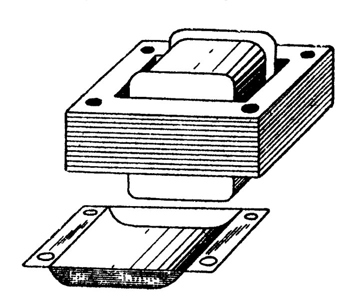


Рис. 2-6. Экранирующие крышки на трансформаторе питания.

Чтобы исключить проникновение помех из сети через трансформатор питания, после первичной (сетевой) обмотки наматывают специальную экранирующую обмотку, которая представляет собой один слой провода ПЭЛ диаметром 0,2—0,3 *мм*. Один из концов обмотки (любой) выводят наружу и заземляют. Для этой же цели параллельно вторичной (повышающей) обмотке или обеим ее половинам при двухполупериодном выпрямителе включают блокировочные конденсаторы емкостью

от 0,01 до 0,05 *мкф* на рабочее напряжение не ниже 500 *в*. Такие же конденсаторы полезно включить между каждым проводом сети и шасси.

Для уменьшения магнитных наводок со стороны трансформатора питания лучше всего наматывать его на ленточных или тороидных сердечниках, имеющих наименьшие поля рассеяния. Достоинством таких трансформаторов являются также значительно меньший вес и объем по сравнению с трансформаторами, намотанными на сердечнике из Ш-образных пластин.

Трансформатор питания всегда нужно располагать так, чтобы плоскость его магнитного поля была перпендикулярна плоскости магнитного поля выходного трансформатора усилителя низкой частоты и дросселя фильтра. Во всех случаях надо стремиться отнести трансформатор питания как можно дальше от входной лампы и входных цепей УНЧ.

Температурный режим трансформатора питания является весьма существенным фактором для надежности радиоаппарата. При непрерывной многочасовой работе полностью нагруженный трансформатор питания может нагреваться снаружи до температуры 60—70° С. Однако это не свидетельствует еще о неисправности трансформатора, но при нагреве трансформатора выделяется много тепла и если это тепло не отводить, трансформатор сможет перегреться и выйти из строя.

Для эффективного отвода тепла от трансформатора лучше всего обеспечить достаточную конвекционную вентиляцию.

Гудение трансформатора питания является следствием слабого стягивания пакета железа сердечника, а также наличия зазора между каркасом и керном сердечника. Для устранения гудения, вызванного первой причиной, нужно хорошо подтянуть торцовым гаечным ключом стяжные болты.

Во втором случае гудение устраняют путем вбивания небольшого гетинаксового или деревянного клинышка в зазор между каркасом и керном сердечника трансформатора. Лучше вбивать два клина с противоположных сторон каркаса.

Более сложный, но зато наилучший способ устранения гудения состоит в проваривании трансформатора в расплавленном церезине (или парафине).

Дополнительным источником фона при обычной двухполупериодной схеме выпрямителя может явиться также значительная асимметрия плеч повышающей обмотки. Это объясняется тем, что в разные полупериоды на выходе выпрямителя оказываются неодинаковые напряжения. Этот фон имеет частоту 50 *гц* и по величине равен разности напряжений двух половин вторичной обмотки. При необходимости полностью устранить асимметрию плеч повышающей обмотки следует применять бифилярную (одновременно в два провода) намотку.

Фильтры выпрямителя

Фильтры выпрямителя предназначаются для уменьшения фона на выходе выпрямителя и в зависимости от схемы разделяются на Г- и П-образные и одно- и многозвенные. Все фильтры характеризуются коэффициентом сглаживания и коэффициентом фона на выходе. Коэффициент сглаживания показывает, во сколько раз переменная составляющая на выходе фильтра меньше переменной составляющей на его входе, а коэффициент фона — какой процент состав-

ляет переменная составляющая на выходе фильтра по отношению к постоянной составляющей, т. е. к рабочему напряжению на выходе выпрямителя. Оба коэффициента определяют при полной нагрузке выпрямителя.

Фильтры *LC* применяются в выпрямителях чаще других. Такой фильтр состоит из дросселя с большой индуктивностью и малым активным (омическим) сопротивлением и одного или двух конденсаторов, чаще всего электролитических. Схемы различных фильтров приведены на рис. 2-7. Наиболее употребительны однозвенные П-образные симметричные фильтры с одинаковыми емкостями конденсаторов (рис. 2-7, *б*). Реже встречаются Г-образные (рис. 2-7, *а*) и многозвенные (рис. 2-7, *в*) *LC*-фильтры. Первые применяют в наиболее дешевых приемниках, где можно допустить повышенный уровень фона, вторые, напротив, используют в высококачественных установках при очень высоких требованиях к уровню собственного фона.

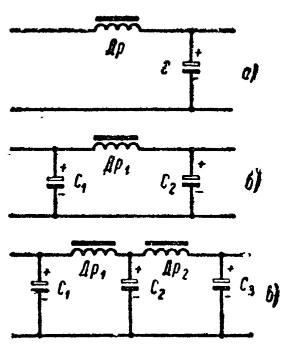


Рис. 2-7. Схема *LC*-фильтров.

Фильтры *RC* отличаются от *LC*-фильтров тем, что вместо индуктивности (дросселя) в них используется обычный резистор. Фильтры *RC* применяют в тех случаях, когда ток, потребляемый от выпрямителя, невелик и можно допустить падение напряжения на фильтре в пределах 10—20% выпрямленного напряжения.

Наиболее часто *RC*-фильтры применяют в выпрямителях для цепей смещения, высоковольтных выпрямителях, а также в качестве развязывающих цепей. В основных выпрямителях *RC*-фильтры встречаются гораздо реже, в основном в наиболее дешевых приемниках 4-го класса. Сопротивление резистора для фильтра определяют делением допустимого падения напряжения на фильтре на значение максимального потребляемого тока, а мощность резистора — путем умножения сопротивления на квадрат максимального тока.

Дроссель фильтра состоит из одной обмотки, намотанной на сердечнике из трансформаторного железа. Индуктивность обмотки стараются сделать максимально возможной, поэтому при изготовлении дросселя не следует стремиться выдерживать точно указанное число витков, а просто наматывать провод до заполнения каркаса.

Поскольку через обмотку дросселя протекает постоянная составляющая выпрямленного тока, сердечник дросселя всегда собирают «встык» с зазором в магнитопроводе порядка 0,1—0,15 *мм*. При отсутствии зазора индуктивность обмотки уменьшается, что приводит к уменьшению коэффициента фильтрации. Зазор можно создать, проложив по линии разъема магнитопровода полоску из кабельной бумаги соответствующей толщины.

Для уменьшения полей рассеяния, а также веса и размера дросселя целесообразно наматывать его на ленточных сердечниках.

Настройка дросселя фильтра на частоту переменной составляющей напряжения фона позволяет заметно снизить фон на выходе выпрямителя. Это объясняется тем, что настроенный дроссель ведет

себя, как фильтр-пробка, включенный последовательно в цепь выпрямленного напряжения. Емкость конденсатора, включаемого параллельно дросселю, подбирают опытным путем по минимальному фону на выходе фильтра. Подбор емкости нужно производить на полностью нагруженном выпрямителе. Емкости конденсатора подбираются в пределах от 0,01 до 1,0 *мкф*.

Электролитические конденсаторы, применяемые в фильтрах выпрямителей, должны удовлетворять следующим требованиям:

Рабочее напряжение конденсатора должно составлять 1,2 величины установившегося режима выпрямителя при напряжении сети на +10% выше номинального.

Пробивное напряжение конденсатора должно быть в 1,3 раза больше, чем напряжение на входе фильтра ненагруженного выпрямителя, при напряжении сети на +10% выше номинального.

Величина переменной составляющей напряжения на конденсаторе фильтра не должна превышать 0,9 допустимого значения, указываемого в технических условиях на данный конденсатор. Если допустимая величина неизвестна, то во всех случаях переменная составляющая не должна превышать 20% пробивного напряжения конденсатора.

При конструировании радиоаппаратуры необходимо выбирать такие тип и номинал конденсатора, при которых нужная величина емкости сохраняется при самой низкой температуре, при которой будет работать аппарат.

Необходимо обеспечить такие условия работы аппарата, при которых температура воздуха вокруг электролитического конденсатора не превысит 0,8 допустимого значения в самых худших условиях эксплуатации аппарата.

Для предотвращения взрыва при пробое электролитического конденсатора, происходящего в результате резкого возрастания давления паров электролита, на некоторых конденсаторах последних выпусков делают специальные резиновые или алюминиевые пробки. Однако на большинстве электролитических конденсаторов таких пробок нет. Так как при взрыве конденсатора можно получить серьезное увечье, рекомендуется во всех высоковольтных электролитических конденсаторах перед их установкой просверливать отверстие двухмиллиметровым сверлом в месте стыка верхней плоскости и цилиндрической части. Сверлить нужно очень аккуратно, чтобы не повредить конденсатор. Сверло должно быть вставлено так, чтобы оно выступало из патрона на 1,5—2 *мм*. Просверленное отверстие нужно тщательно заклеить пластырем или хлорвиниловой изоляционной лентой для предотвращения высыхания электролита.

Делители напряжения и гасящие резисторы

Очень часто в радиоаппарате, имеющем один выпрямитель, возникает необходимость иметь разные по величине постоянные напряжения. Получить их можно двумя способами: применением делителей или использованием гасящих резисторов. Оба способа имеют свои достоинства и недостатки.

Применение делителей обеспечивает большую стабильность напряжения на выходе при изменениях тока в нагрузке, однако делитель потребляет от выпрямителя значительную дополнительную мощность.

Гасящие резисторы потребляют значительно меньшую дополнительную мощность, но напряжение после них подвержено большим колебаниям при изменениях тока нагрузки. Поэтому в тех цепях, где изменения напряжения при изменении тока нагрузки могут повлечь за собой недопустимое изменение параметров схемы, нужно применять делители напряжения. К таким цепям следует отнести цепи экранирующих сеток всех высокочастотных каскадов, анодную цепь селектора синхроимпульсов в телевизорах, анодную и экранную цепи видеоусилителя и др.

Для повышения стабильности напряжения на выходе делителя нужно включать электролитический конденсатор большой емкости.

Гасящие резисторы выгоднее применять в цепях развязок в анодных цепях всех высокочастотных ламп, анодных и экранных цепях каскадов УНЧ, генераторных каскадах телевизоров и др.

Получение различных напряжений в цепях смещения возможно с помощью делителей. Гасящие резисторы в этих цепях не дадут результата, поскольку цепи смещения не потребляют тока. По этой же причине делители в цепях смещения нужно делать высокоомными, так как низкоомные делители не увеличат стабильности выходного напряжения, а лишь дополнительно нагрузят выпрямитель. При высокоомных делителях емкость развязывающих (блокировочных) конденсаторов может быть значительно уменьшена (до 1,0—5,0 *мкф*).

Второй способ получения нескольких напряжений смещения состоит в том, что в минусовую цепь основного выпрямителя включают небольшой проволочный резистор с отводами. За счет протекания по этому резистору полного тока, потребляемого аппаратом, на резисторе падает напряжение, «плюс» которого приложен к шасси, а «минус» может быть использован как источник напряжения смещения. Достоинство этого способа в том, что не нужны отдельный выпрямитель смещения и дополнительная обмотка на трансформаторе питания.

Недостаток схемы — сильная зависимость напряжений смещений от изменений потребляемого аппаратом тока и уменьшение полезного напряжения общего выпрямителя на величину напряжения смещения. Для борьбы с первым недостатком приходится параллельно делителю в цепи смещения включать электролитический конденсатор большой емкости. При этом, поскольку сопротивление делителя измеряется обычно всего десятками ом, емкость конденсатора приходится брать порядка 100—300 *мкф*.

Для устранения второго недостатка при расчете выпрямителя следует увеличить нужную величину выпрямленного напряжения на величину напряжения смещения.

Эту схему можно рекомендовать в тех аппаратах, где колебания общего анодного тока в процессе работы не превышают 10—15% среднего значения (маломощные магнитофоны, приемники с выходной мощностью не более 1,0—1,5 *вт* и т. п.).

Стабилизаторы напряжения

Стабилизация выпрямленного напряжения необходима в тех случаях, когда даже незначительные изменения питающих напряжений могут недопустимо изменить параметры схемы. В любительской практике таких случаев немного. К ним относятся питание лампы задающего генератора в передатчиках, питание гетеродина в узкополосных телеграфных приемниках, питание гетеродина в вы-

сокочастотных генераторах стандартных сигналов, питание ускоряющих электродов в кинескопе для цветного телевидения, а также в ряде измерительных приборов.

Проще всего стабилизация выпрямленного напряжения осуществляется с помощью газонаполненных стабилизаторов напряжения (стабилитронов), а для схем на транзисторах с помощью кристаллических стабилитронов.

Стабилизация напряжения с помощью газонаполненного стабилитрона осуществляется по схеме на рис. 2-8. В этой схеме напряжение от выпрямителя подается на стабилитрон через балластный гасящий резистор *R*, а стабильное напряжение снимается с анода стабилитрона. Стабилизация происходит за счет того, что при уве-

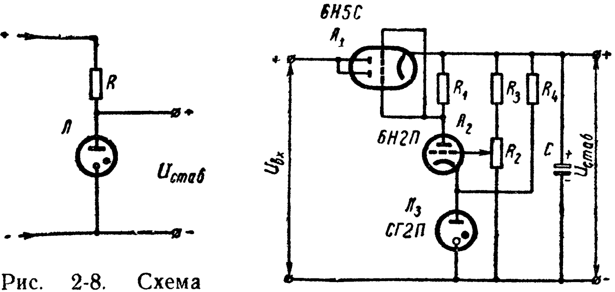


Рис. 2-8. Схема стабилизатора выпрямленного напряжения.

Рис. 2-9. Схема электронного стабилизатора напряжения.

личении напряжения выпрямителя растет ток через стабилитрон, а напряжение на нем остается неизменным, поскольку пропорционально току растет и падение напряжения на балластном резисторе. Для различных стабилитронов изменение стабилизированного напряжения обычно не превышает 3,0—4,0 *в* при изменении тока через стабилитрон в 6—8 раз. Это соответствует стабильности выпрямленного напряжения приблизительно ±1% при изменении напряжения питающей сети на 30%, чего достаточно во всех случаях любительской практики.

Сопротивление балластного гасящего резистора нужно выбирать таким, чтобы обеспечивалось зажигание стабилитрона при самом низком напряжении сети и чтобы при максимальном напряжении сети ток через стабилитрон не превысил допустимого значения

Следует заметить, что благодаря стабилизирующему действию стабилитрона он ведет себя по отношению к переменной составляющей напряжения, как конденсатор очень большой емкости, поэтому стабилизированное напряжение на стабилитроне не нуждается в дальнейшей фильтрации.

Кремниевые кристаллические стабилитроны по своему действию аналогичны газонаполненным стабилитронам и применяются для стабилизации небольших напряжений в схемах на транзисторах. Хотя физические процессы, происходящие в кристаллических стабилитронах, ничего общего не имеют с процессом тлеющего разряда в газонаполненных стабилитронах, принцип работы и схемы ста-

билизаторов на тех и других приборах одинаковы. Сопротивление гасящего резистора в схеме на кристаллических стабилитронах выбирается из тех же соображений, что и для газонаполненных стабилитронов. Следует предупредить, что кремниевые стабилитроны, как и все полупроводниковые приборы, меняют свои параметры при колебаниях температуры, поэтому степень стабилизации напряжения у схем на кремниевых стабилитронах несколько ниже, чем у схем на газонаполненных стабилитронах.

Стабилизаторы на электронных лампах позволяют получить выпрямленное напряжение, величина которого практически не меняется ни от изменений питающего напряжения, ни от изменений тока нагрузки. Почти все такие стабилизаторы работают по принципу схемы с обратной связью и имеют регулируемый элемент (обычно — мощный триод, включенный последовательно с нагрузкой), регулирующую лампу и источник опорного (стабилизированного) напряжения, выполняемый на стабилитроне. В любительской практике стабилизаторы на электронных лампах применяются довольно редко из-за их сложности и высокой стоимости, поэтому мы не будем рассматривать их более подробно и ограничимся лишь приведением типовой схемы стабилизатора (рис. 2-9).

Феррорезонансные стабилизаторы напряжения в отличие от описанных выше стабилизируют напряжение на первичной обмотке трансформатора питания при изменении напряжения электросети. Преимущество феррорезонансных стабилизаторов состоит в том, что при их использовании стабилизированным оказывается не только выпрямленное напряжение, но и напряжение накала ламп, что во многих случаях имеет большое значение для надежной работы радиоаппарата.

Недостатки феррорезонансных стабилизаторов — высокая стоимость, большой вес, сильные магнитные поля и очень большие искажения формы напряжения на выходе стабилизатора. Такой стабилизатор выгоднее делать автономным и достаточно мощным, чтобы от одного стабилизатора можно было питать несколько радиоаппаратов. Наиболее оправдано применение феррорезонансных стабилизаторов для питания телевизоров, где недокал ламп при пониженном напряжении сети существенно ухудшает ряд его параметров и приводит к преждевременному выходу из строя кинескопа и ламп блока строчной развертки.

Цепи накала ламп

Цепи накала ламп обычно питают переменным током от специальных понижающих обмоток трансформатора питания. В дешевых малоламповых приемниках 3-го и 4-го классов накал всех ламп питается от общей обмотки, один конец которой (любой), как правило, заземляют. В приемниках более высокого класса, магнитофонах, телевизорах обычно бывает две или больше накальных обмоток. Это вызвано тем, что для снижения уровня фона накал первой лампы УНЧ лучше питать от отдельной обмотки, к которой подводят небольшой положительный потенциал, либо в крайнем случае его соединяют с шасси через специальный балансировочный потенциометр, позволяющий при регулировке получить минимально возможный уровень фона.

В магнитофонах нередко делают дополнительную обмотку и для питания накала лампы микрофонного каскада, причем часто напря-

жение для этой лампы предварительно выпрямляют специальным выпрямителем.

В телевизорах часто делают несколько накальных обмоток, каждая из которых питает определенную группу ламп. Это сделано потому, что при питании всех ламп от одной обмотки ток в этой обмотке достигает десятка ампер и становятся существенными потери напряжения в проводах накала

Что вреднее — недокал или перекал? На этот вопрос нельзя дать однозначный ответ. Обычно в паспорте на лампу указывают, что лампа сохраняет работоспособность при изменениях напряжения накала в пределах от —10 до +10% номинального значения, что для шестивольтовых ламп соответствует колебаниям от 5,7 до 6,9 *в*. Однако для различных ламп эти цифры нуждаются в уточнении.

Наиболее вреден недокал для мощных оконечных усилительных ламп, всех типов кенотронов и генераторных ламп в строчной и кадровой развертках телевизоров и осциллографах, генераторных ламп в магнитофонах и оптических индикаторов настройки.

Во всех высокочастотных лампах недокал не приводит к ускоренному износу ламп, а лишь незначительно уменьшает их крутизну и, следовательно, коэффициент усиления. В преобразовательных лампах и лампах гетеродинов недокал может привести к срыву генерации во всем диапазоне или только в высокочастотной части его.

Значительный перекал высокочастотных ламп резко сокращает срок службы их и понижает устойчивость работы усилительных каскадов, вызывая в некоторых случаях даже самовозбуждение.

Для ламп первых каскадов усилителей низкой частоты даже незначительный перекал резко увеличивает уровень фона, поэтому в этих каскадах всегда желательно иметь пониженное напряжение накала (до 5,7—5,5 *в*).

Питание накала постоянным током целесообразно только для лампы микрофонного каскада в магнитофонах 2-го и более высоких классов. В этом случае переменное напряжение от отдельной накальной обмотки выпрямляют однополупериодным или мостовым выпрямителем, собираемым, как правило, на кремниевых диодах типа Д7. На выходе выпрямителя включают электролитический конденсатор емкостью от 500 до 2 000 *мкф* на рабочее напряжение 10—30 *в*. Один из полюсов выпрямленного напряжения (безразлично какой) обязательно соединяют с шасси либо непосредственно, либо через балансировочный потенциометр.

Для снижения наводок от цепей накала нужно подводить к лампе напряжение накала двумя проводами, а не использовать в качестве второго провода накала шасси радиоаппарата. Оба провода накала необходимо свить и проложить на шасси так, чтобы они нигде не проходили вблизи проводов или деталей, относящихся к первой лампе усилителя НЧ, регулятору громкости и регуляторам тембра.

В аппаратах 2-го и более высоких классов желательно провода накала поместить в экранирующую оплетку, которую следует заземлить.

При двухпроводной цепи накала один из проводов (любой) нужно заземлить, причем заземление необходимо сделать вблизи трансформатора питания.

При бестрансформаторной схеме питания нити накала всех ламп соединяются последовательно и питаются непосредственно от электросети. Если при этом суммарное напряжение накала всех после-

довательно соединенных ламп оказывается меньше напряжения сети, то избыток напряжения гасится на лампочках освещения шкалы и специальных гасящих резисторах. Выпрямитель в этих случаях собирают по схеме удвоения с питанием непосредственно от электросети. Необходимо помнить, что при работе с бестрансформаторными схемами нужно соблюдать особую осторожность во избежание поражения током. *Заземление каких бы то ни было цепей или шасси недопустимо.*

При конструировании бестрансформаторной схемы ни у одной из ламп напряжение между накалом и катодом не должно превышать величины, указанной в паспорте данной лампы.

Батарейное питание

Батарейное питание ламповой радиоаппаратуры применяется в тех случаях, когда аппарат предназначен для работы в местах, не имеющих электроэнергии. В этих случаях применяются специальные экономичные лампы прямого накала. Питание накала таких ламп осуществляют от отдельных батарей или аккумуляторов, а в качестве источника анодного напряжения используют сухие батареи. Напряжение накала батарейных ламп от 1,2 до 2,0 *в*, анодное напряжение в пределах от 45 до 90—120 *в*

В последние годы в связи с бурным развитием полупроводниковой техники батарейные лампы все чаще и чаще заменяются транзисторами.

Батарейное питание полупроводниковых аппаратов наиболее распространенное. Подавляющее большинство транзисторных приемников, магнитофонов, телевизоров рассчитано на питание от батарей или аккумуляторов. В последнем случае внутри аппарата или в виде отдельной приставки монтируют выпрямитель, позволяющий производить подзарядку аккумулятора и питать аппарат от сети переменного тока.

Все транзисторные аппараты работают от низковольтных источников. Наиболее распространенные напряжения источников питания: 6 *в* (четыре последовательных малогабаритных элемента типа «316» — Сириус по 1,5 *в*), 9 *в* (батарея типа «Крона» или малогабаритный акку́мулятор типа 7Д-01) и 12 *в* (восемь батарей типа «Сатурн» или автомобильный аккумулятор).

Какое напряжение для питания транзисторных аппаратов нужно выбирать? Точных границ при выборе напряжения для того или иного аппарата не существует, однако есть некоторые соображения, заставляющие придерживаться определенных значений его. Так, например, для самых малогабаритных микроминиатюрных карманных приемников главное в выборе источника питания — это предельно малые габариты. Поэтому, естественно, стремятся применить источник, содержащий минимальное количество элементов, а следовательно, и имеющий небольшую э. д. с. Однако для получения громкоговорящего приема, т. е для работы приемника на громкоговоритель, нужно, чтобы при выбранном напряжении оконечный каскад УНЧ отдавал необходимую неискаженную мощность.

Удовлетворительно согласовать эти противоречивые требования удается, если применять малогабаритную батарею гальванических элементов типа «Кристалл», имеющую номинальное напряжение

6,0 *в*. Если и этот источник питания велик для выбранной конструкции приемника, можно применить два-три последовательно соединенных элемента от малогабаритных аккумуляторов (например, типа 7Д-01), однако в этом случае нагрузкой приемника должен быть телефонный наушник или капсюль типа ДЭМШ, так как на низкоомный динамический громкоговоритель приемник будет работать с недопустимыми искажениями.

Для малогабаритных переносных громкоговорящих приемников (таких, как «Сокол», «Гауя», «Нева» и др.) промышленностью выпускаются специальные батареи типа «Крона», а также аккумуляторы типа 7Д-01 с номинальным напряжением 9,0 *в*. Эти источники питания можно рекомендовать и радиолюбителям для малогабаритных приемников с номинальной выходной мощностью до 150 *мвт* (0,15 *вт*).

Для приемников с большей выходной мощностью (от 0,15 до 1,0 *вт*), потребляющих при полной громкости довольно большой ток, нужно применять источник питания с большей емкостью, а также с бо́льшим номинальным напряжением, так как при повышении напряжения снижается величина разрядного тока. Кроме того, при большем напряжении источника питания уменьшаются нелинейные искажения усилителя низкой частоты (в первую очередь его оконечного каскада). В этих случаях чаще всего применяют восемь сухих батарей типа «Сатурн», дающих напряжение 12 *в*, или четыре батарейки для карманного фонаря (типа КБС-Л-0,5), дающих напряжение порядка 14 *в*.

Напряжение питания для транзисторного магнитофона выбирают в зависимости от того, какое напряжение необходимо для работы двигателя, а схему рассчитывают уже на это напряжение. Чаще всего при использовании фабричных двигателей типа ДКС-8 это напряжение составляет 12 *в*.

Для усилителей низкой частоты с выходной мощностью от 1 до 3 *вт* нужно напряжение 12 *в*, для усилителей от 3 до 10 *вт* 18—24 *в*, для более мощных усилителей (до 50 *вт*) — от 24 до 48 *в* в зависимости от допустимых значений для применяемых транзисторов. Следует предупредить, что транзисторные усилители с мощностью выше 3,0 *вт* целесообразно делать только в стационарных установках и для их питания использовать либо кислотные аккумуляторы, либо стабилизированные выпрямители.

Телевизоры, собранные полностью на транзисторах, потребляют мощность порядка 10 *вт*, поэтому в качестве автономного источника питания для них нужно применять только аккумуляторы (гальванические батареи будут быстро выходить из строя) на номинальное напряжение 12—18 *в* в зависимости от типов примененных аккумуляторов. В телевизоре необходимо предусмотреть зарядное устройство (стабилизированный по току выпрямитель), рассчитанное на подключение к электросети напряжением 110, 127 и 220 *в* для подзарядки аккумуляторов в перерывах между сеансами работы телевизора.

Долговечность гальванических батарей во многом определяется условиями хранения и режимом эксплуатации. Любой гальванический элемент имеет определенный максимальный срок хранения, указываемый на его этикетке. Это объясняется тем, что даже при хранении в нерабочем состоянии элемент подвергается саморазряду, в результате которого его емкость постепенно уменьшается. К концу срока хранения емкость элемента обычно не превышает

половины первоначальной, поэтому надо приобретать только свежие элементы и сразу же использовать их, а не хранить.

Емкость батарей также сильно зависит от температуры окружающего воздуха; наибольшее значение она имеет при +20° С и сильно уменьшается при понижении температуры. При понижении температуры до 0° С емкость батареи снижается на одну треть; при —15° С емкость батареи падает вдвое.

Наиболее благоприятный режим эксплуатации гальванических элементов и батарей такой, при котором разрядный ток (максимальный) не превышает 0,1 численного значения номинальной емкости элемента или батареи. Если же разрядный ток несколько больше, то для повышения срока службы батарей их нужно использовать с перерывами, причем время перерыва должно в 5—10 раз превышать время непрерывной работы.

В транзисторных приемниках и магнитофонах всегда нужно поддерживать лишь минимально необходимую громкость, так как при повышенной громкости заметно увеличиваются нелинейные искажения и главное резко сокращается срок службы батарей.

Можно ли искусственно повысить срок службы гальванических батарей? Обычно принято считать, что нельзя. Гальванические элементы предназначены для одноразового использования и после разряда подлежат замене новыми. Однако практические наблюдения показывают, что можно значительно продлить срок службы сухих батарей и даже в отдельных случаях вернуть работоспособность полностью разряженной батарее. Это объясняется тем, что зачастую батарея прекращает работать либо из-за высыхания рабочей массы, либо из-за преждевременной поляризации одного из электродов. В первом случае, если батарея состоит из элементов с цинковым и графитовым электродами, нужно аккуратно просверлить вдоль графитового электрода два-четыре отверстия диаметром 2,5—3,5 *мм* на 80% глубины элемента и с помощью пипетки накапать в образовавшиеся отверстия подсоленной воды или столового уксуса. После этого отверстия заливают расплавленным воском и дают батарее полежать 10—12 *ч*. Этим способом удается восстановить более 70% пришедших в негодность батарей.

Для борьбы с поляризацией электродов в состав элементов включают специальные деполяризаторы, однако эффективность их не всегда достаточна. Продлить срок службы батарей удается путем дополнительной деполяризации электрической подзарядкой батарей от низковольтного выпрямителя. Для этого нужно периодически подключать батарею для подзарядки (как аккумулятор). Ток подзарядки должен быть равен разрядному току или превышать его на 10—15%. Время подзарядки 8—10 *ч*. Удобнее всего после дня эксплуатации батареи включать ее на подзарядку на ночь.

Если не допускать значительного разряда свежей батареи и регулярно подзаряжать ее, то можно продлить срок ее службы в 4—5 раз.

При подзарядке батареи элементов необходимо убедиться, что напряжение на всех элементах одинаково (под нагрузкой!) или различается у отдельных элементов не более чем на одну треть. В противном случае на элементе с наибольшим внутренним сопротивлением (у которого при номинальной нагрузке напряжение было минимальным) напряжение может недопустимо возрасти и вызвать пробой элемента.

Поскольку обычно внутреннее сопротивление элемента возрастает из-за высыхания его рабочей массы, рекомендуем предварительно восстановить такой элемент указанным выше способом.

Последовательное соединение гальванических элементов применяется наиболее часто. При последовательном соединении емкость батареи (и, следовательно, допустимый разрядный ток) будет определяться элементом с наименьшей емкостью. Отсюда вытекает правило: *соединять в батареи можно только однотипные элементы,* так как иначе элементы с большей емкостью будут использоваться не полностью.

Параллельное соединение гальванических элементов или батарей преследует цель увеличения емкости элементов или батарей, которая равна сумме емкостей отдельных элементов или батарей. Соединять параллельно можно только однотипные элементы или батареи, поскольку у элементов различных типов номинальные напряжения различны (от 1,1 до 1,6 *в* на один элемент). При параллельном соединении элементов или батарей, напряжения которых различны, будет иметь место значительный саморазряд их.

Не рекомендуется соединять параллельно батареи, составленные из последовательно соединенных групп элементов (даже однотипных), так как внутреннее сопротивление и э. д. с. таких батарей, как правило, различны.

Низковольтные малогабаритные «сухие» аккумуляторы выгодно отличаются от гальванических батарей тем, что они допускают многократное (до 100 раз) использование. Зарядку таких аккумуляторов можно производить от любого источника постоянного тока, в том числе и от простого выпрямителя, включаемого в сеть переменного тока. Аккумуляторная батарея всегда имеет значительно меньшее (в 5—20 раз) внутреннее сопротивление, чем аналогичная по напряжению и емкости батарея гальванических элементов, вследствие чего при пиковых значениях тока нагрузки напряжение на аккумуляторе уменьшается весьма незначительно (на 10—15%), тогда как на батарее гальванических элементов в этом случае напряжение может уменьшиться на 60—80%, что повлечет за собой резкое увеличение нелинейных искажений.

Из промышленных аккумуляторов, предназначенных специально для широковещательных переносных транзисторных приемников, наибольшее распространение получила аккумуляторная батарея типа 7Д-01 с номинальным напряжением 8,75 *в* и емкостью 0,1 *а·ч*. Эту батарею можно рекомендовать радиолюбителям для портативных переносных приемников с током потребления (при номинальной выходной мощности) не свыше 20 *ма*.

Режим эксплуатации аккумуляторов во многом определяет их долговечность. Не допускайте полного разряда аккумулятора, так как это в несколько раз сокращает срок его службы и приводит к необратимым разрушениям его электродов. Подзарядку аккумулятора рекомендуется производить после того, как его емкость использована на 25—30%.

Удобно производить подзарядку в течение ночи после каждого дня эксплуатации аккумулятора.

Второе не менее важное правило — не допускать даже мгновенного короткого замыкания батареи или отдельных элементов аккумулятора, так как возникающий при этом ток может достигать нескольких ампер (у аккумуляторов большой емкости — сотен ампер) и может необратимо повредить электроды аккумулятора.

Наконец, нужно избегать использования аккумулятора при температуре окружающего воздуха ниже —5° С, так как в этом случае емкость аккумулятора заметно снижается и он может быть очень быстро разряжен. При эксплуатации жидкостных аккумуляторов (как щелочных, так и кислотных) необходимо следить за плотностью электролита, поддерживая ее на необходимом уровне в зависимости от температуры окружающего воздуха (значения плотности приводятся в справочниках и инструкциях к аккумуляторам).

Подзарядка аккумуляторов всегда производится в режиме постоянного по величине зарядного тока, что может быть достигнуто либо применением схемы выпрямителя со стабилизацией по току, либо при использовании зарядного устройства, внутреннее сопротивление которого во много раз превышает внутреннее сопротивле-

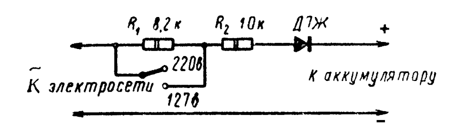


Рис. 2-10. Схема зарядного устройства для аккумулятора.

ние аккумулятора (один из вариантов такого зарядного устройства описывается ниже). Величина зарядного тока не должна превышать величины, указанной на этикетке или в паспорте на данный аккумулятор. В любом случае если нормальный зарядный ток аккумулятора неизвестен, он не должен превышать 15% численной величины номинальной емкости.

У жидкостных кислотных и щелочных аккумуляторов при зарядке не должно наблюдаться интенсивного «кипения» электролита (выделения большого количества пузырьков газа). При правильно выбранном токе заряда и исправном аккумуляторе кипение электролита может наблюдаться лишь в начале зарядки сильно разряженного аккумулятора и прекращаться через 1—1,5 *ч* зарядки. Через 2 *ч* после окончания зарядки жидкостных аккумуляторов необходимо проверить плотность электролита и в случае необходимости довести ее до нормы (разбавлением дистиллированной водой или добавлением концентрированной кислоты или щелочи).

Зарядное устройство простейшей конструкции, обеспечивающее постоянство зарядного тока, изображено на рис. 2-10. Суммарное сопротивление резисторов R_1 и R_2 определяет величину зарядного тока. Тумблер, замыкающий накоротко резистор R_1, позволяет подключать устройство к сети напряжением 127 или 220 *в*. Частота питающего напряжения сети может быть любой. Приведенные на схеме сопротивления резисторов обеспечивают зарядный ток 12 *ма* и рассчитаны на зарядку аккумуляторных батарей типа 7Д-01. При необходимости иметь другую величину зарядного тока сопротивления резисторов пересчитывают по закону Ома.

Ремонт аккумуляторных батарей довольно сложен, однако в ряде случаев радиолюбитель может произвести ремонт сухих аккумуляторных батарей. Чаще всего выход из строя аккумуляторной батареи вызывается неисправностью одного элемента, поэтому прежде всего необходимо аккуратно разобрать батарею и определить

неисправный элемент. Для этого измеряют э. д. с. каждого элемента и его внутреннее сопротивление. Для определения внутреннего сопротивления параллельно элементу подключают резистор небольшого сопротивления (порядка 100—500 *ом* в зависимости от емкости батареи); при этом напряжение на исправных элементах уменьшается на 10—20%, а у плохих элементов оно уменьшается в несколько раз или даже падает до нуля. Такой элемент необходимо исключить из батареи и заменить исправным.

Ремонт отдельных элементов сухих аккумуляторов более сложен, однако при отсутствии свежих элементов в отдельных случаях можно восстановить элементы, вышедшие из строя вследствие усыхания. У такого элемента нужно очень аккуратно просверлить миллиметровым сверлом два диаметрально противоположных отверстия по краям его корпуса на глубину не более 0,5 *мм*, чтобы не повредить электродов, а затем под давлением влить внутрь элемента две-три капли раствора слабой щелочи (можно использовать разбавленную щелочь от аккумуляторов). Удобнее всего это сделать с помощью резиновой «груши», у которой предварительно снимают наконечник.

В самом крайнем случае, если восстановить неисправный элемент не удастся, а нового у радиолюбителя не окажется, можно использовать батарею без одного элемента. При этом напряжение всей батареи будет на 1,2 *в* меньше, а емкость останется неизменной.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Параметры и качественные показатели усилителей

Существует большое количество схем усилителей низкой частоты. Параметры таких усилителей колеблются в очень больших пределах. Так, выходная мощность у одних усилителей не превышает долей ватта, у других же она составляет несколько десятков ватт; полоса пропускания УНЧ карманного приемника обычно лежит в пределах от 200 до 5 000 *гц*, а у высококачественного усилителя для стереофонического воспроизведения — от 30 до 30 000 *гц*; чувствительность микрофонного усилителя магнитофона в 25—50 раз выше, чем усилителя для воспроизведения грамзаписи, и т. д.

Чтобы грамотно выбрать схему и параметры УНЧ для того или иного аппарата, нужно ясно представлять себе, какие требования следует предъявлять к проектируемому усилителю и какие из его параметров смогут быть реализованы при эксплуатации. При заниженных требованиях к усилителю он будет иметь неудовлетворительные данные, а при необоснованно завышенных — окажется неоправданно сложным и дорогим.

Для того чтобы параметры усилителей соответствовали некоторому определенному уровню, условимся разбить их на четыре группы (класса). В табл. 3-1 приведены примерные значения параметров УНЧ при таком делении.

Для транзисторных усилителей в связи с некоторой спецификой их правильнее установить деление на три класса (разумеется, также

Таблица 3-1

Параметр усилителя	Класс усилителя			
	1	2	3	4
Полоса пропускания электрического тракта, *гц*	20—20 000	40—12 000	80—10 000	100—7 000
Номинальная выходная мощность, *вт* . . .	10	6	3	1
Электрический коэффициент нелинейных искажений, %	2	5	7	12
Глубина регулировки тембра на низких частотах, *дб*	±20	±14	—10	—6
Глубина регулировки тембра на высоких частотах, *дб* . . .	±20	±14	—10	—6
Ручная регулировка громкости, *дб*	60	50	40	34
Уровень собственных шумов, *дб* .	—70	—54	—50	—40

весьма относительно), отнеся к 3-му классу усилители, предназначенные для малогабаритных карманных приемников, ко 2-му классу — НЧ переносных приемников с выходной мощностью до 1 *вт* и к 1-му классу — высококачественные усилители для аппаратов с питанием от сети переменного тока. Параметры транзисторных усилителей в соответствии с таким условным делением приведены в табл. 3-2.

Качественные показатели УНЧ определяются его параметрами. К важнейшим параметрам усилителя относятся: неискаженная выходная мощность и допустимый при этой мощности коэффициент нелинейных искажений, полоса пропускаемых частот с указанием допустимой неравномерности частотной характеристики в пределах этой полосы, чувствительность по входу, динамический диапазон входного сигнала, уровень собственных шумов. Помимо этих обязательных параметров, в отдельных случаях могут оговариваться и дополнительные, такие, как наличие тонкомпенсации при регулировании громкости, наличие дополнительных регулировок (стереобаланс, переключатель выходного сопротивления, регулятор чувствительности и др.).

Во всех случаях при проектировании усилителей должна осуществляться вполне определенная взаимосвязь между отдельными основными параметрами, на основании которой усилитель в целом

Таблица 3-2

Параметр усилителя	Класс усилителя		
	1	2	3
Полоса пропускания электрического тракта, *гц*	80—12 000	150—10 000	300—7 000
Номинальная выходная мощность, *вт*	4	1	0,15
Электрический коэффициент нелинейного искажения, %	4	8	12
Глубина регулировки тембра на низких частотах, *дб*	±10	Не обязательна	Не обязательна
Глубина регулировки тембра на высоких частотах, *дб*	±10	— 6	Не обязательна
Ручная регулировка громкости, *дб*	50	40	34
Уровень собственных шумов, *дб*	—54	—50	—40

относят к тому или иному классу (по качеству). Ниже такая связь будет освещена подробно.

Неискаженной выходной мощностью усилителя называют ту максимальную электрическую мощность, которая выделяется на активном сопротивлении нагрузки (или его эквиваленте) при допустимом значении коэффициента нелинейных искажений.

Физический смысл нелинейных искажений состоит в том, что при подаче на вход усилителя строго синусоидального сигнала форма сигнала на выходе усилителя несколько отличается от синусоидальной. Математически это означает, что, кроме основного синусоидального сигнала, на выходе усилителя появились строго синусоидальные сигналы частот, в целое число раз бо́льших, чем частота входного сигнала. Эти возникшие сигналы называют гармониками и нумеруют в зависимости от того, во сколько раз их частота выше основной частоты усиливаемого сигнала. В соответствии с таким определением частоту основного сигнала нередко называют первой гармоникой.

Численно коэффициент нелинейных искажений определяется как корень квадратный из суммы квадратов амплитуд всех измеренных высших гармоник, деленный на амплитуду основного усиленного сигнала (или, иначе, на первую гармонику усиленного сигнала):

$$K_{\text{г}} = \frac{\sqrt{U_{2\text{г}}^2 + U_{3\text{г}}^2 + U_{4\text{г}}^2 + \cdots}}{U_{1\text{г}}}.$$

Чем больше гармоник измерено, тем вернее значение коэффициента нелинейных искажений. Однако для практических нужд вполне достаточно знать амплитуды трех высших гармоник. Для измерений коэффициента нелинейных искажений можно использовать фабричные приборы (ИНИ-11, С-6-7, ИНИ-12 или анализаторы гармоник). На приборах первого типа отсчет нелинейных искажений в процентах производится непосредственно по шкале; приборы второго типа позволяют измерить отдельно амплитуду каждой гармоники, после чего общий коэффициент нелинейных искажений определяют по приведенной формуле.

Номинальная мощность усилителя всегда должна быть связана определенным соотношением с площадью озвучиваемого помещения. Чем больше озвучиваемая площадь, тем больше должна быть неискаженная выходная мощность. Опыт позволяет установить (только для закрытых помещений) следующие ориентировочные нормы: 0,7 *вт* на каждые 10 $м^2$ жилой площади для квадратных помещений при расположении источника звука в углу комнаты и от 0,5 до 0,6 *вт* на каждые 10 $м^2$ площади для прямоугольных помещений при расположении источника звука посредине меньшей стены. Нужно помнить, что эти цифры относятся к мощности усилителя на частоте 1 000 *гц*. Если усилитель имеет регуляторы тембра, позволяющие осуществлять подъем частотной характеристики на низких и высоких частотах, то неискаженная мощность усилителя должна быть такой, чтобы он не перегружался ни на каких частотах.

Поясним сказанное примером. Пусть нужно выбрать максимальную неискаженную выходную мощность для усилителя 2-го класса, предназначенного для озвучивания квадратной комнаты площадью 25 $м^2$. Усилители 2-го класса должны иметь подъем частотной характеристики на низких и высоких частотах примерно на +6 *дб* (приблизительно в 2,5 раза по напряжению и в 4 раза по мощности). Тогда на частоте 1 000 *гц* неискаженная выходная мощность усилителя должна быть не менее $0{,}7 \cdot 2{,}5 = 1{,}75$ *вт*, а с учетом подъема частотной характеристики на крайних частотах — в 4 раза больше, т. е. $1{,}75 \cdot 4 = 7{,}0$ *вт*. При такой мощности, учитывая плотность распределения мощностей на отдельных частотах по всему диапазону усиливаемых частот, средняя мощность в любой момент будет немного более 2,5 *вт*, но в то же время усилитель не будет перегружаться при любых пиковых значениях мощности (удары барабана, резкие звуки трубы и т. п.).

Если усилитель не имеет регуляторов тембра, осуществляющих подъем частотной характеристики, то норму мощности нужно увеличить до 1,0 *вт* на каждые 10 $м^2$ площади.

Полоса пропускаемых (усиливаемых) усилителем частот — это непрерывный диапазон частот между некоторыми крайними (граничными) частотами, в пределах которого неравномерность частотной характеристики усилителя не превышает заданной величины. Неравномерность частотной характеристики — величина, показывающая, во сколько раз усиление на данной частоте отличается от усиления на некоторой средней частоте, за которую в усилителях низкой частоты чаще всего принимают частоту 1 000 *гц*.

В усилительной технике принято считать крайними частотами полосы пропускания такие, на которых усиление составляет не менее 0,7 величины усиления на средней частоте.

Полоса пропускаемых усилителем частот определяется параметрами источника сигналов, подлежащих усилению, а при наличии

нескольких источников — параметрами наиболее широкополосного из них.

Источником низкочастотного сигнала в любительской практике может быть пьезоэлектрический или магнитный звукосниматель, воспроизводящая головка магнитофона, динамический, угольный или конденсаторный микрофон, выход детектора радиоприемника или телевизора, а также трансляционная линия радиовещания. Каждый из этих источников имеет определенные параметры, главными из которых нужно считать величину сигнала, развиваемую на выходе источника, реальную полосу воспроизводимых частот и неравномерность сигнала в пределах этой полосы, величину внутреннего сопротивления, уровень собственного фона, динамический диапазон. В таблице 3-3 приведены параметры наиболее распространенных источников низкочастотного сигнала.

Чувствительность усилителя — величина напряжения низкочастотного сигнала, которую нужно подвести к входу усилителя, чтобы при максимальном усилении получить на его выходе номинальную неискаженную выходную мощность. Чувствительность считается тем выше, чем меньший сигнал нужно подвести ко входу усилителя для получения номинальной выходной мощности. Поскольку большинство усилителей имеет неравномерную частотную характеристику, условились чувствительность усилителя измерять всегда на частоте 1 000 *гц*.

Динамическим диапазоном усилителя называют отношение напряжения на его выходе, соответствующее максимальной неискаженной мощности, к напряжению в тех же точках при отсутствии сигнала (входные гнезда замкнуты накоротко, регулятор громкости находится в положении, соответствующем номинальной чувствительности). Динамический диапазон характеризует способность неискаженно воспроизводить самые слабые и самые сильные звуки, различающиеся по силе в определенное число раз. На практике динамический диапазон оценивают в децибелах.

Динамический диапазон усилителя всегда определяется динамическим диапазоном источника низкочастотного сигнала, а в случае работы усилителя от нескольких источников — динамическим диапазоном того источника, у которого он наибольший.

При конструировании усилителя его динамический диапазон нужно рассчитывать на 10—15% шире, чем у источника низкочастотного сигнала.

Может показаться, что минимально возможное напряжение на выходе усилителя равно нулю. Однако из-за различных паразитных наводок со стороны источника питания, наличия тепловых флуктуационных шумов в деталях и шумов, вызванных неравномерной эмиссией электронов в лампах, а также по ряду других причин на выходе усилителя всегда имеется некоторое паразитное напряжение, называемое собственным фоном. Это напряжение существует вне зависимости от наличия или отсутствия полезного сигнала; его не удается довести до нуля даже в самых идеальных усилителях.

Для количественной оценки собственного фона усилителя в его характеристику вводят специальный параметр — у р о в е н ь с о б с т в е н н ы х ш у м о в. Он показывает, во сколько раз минимально достижимый уровень фона на выходе усилителя при максимальном усилении меньше величины максимального неискаженного выходного напряжения. Оба значения выражают в одинаковых единицах (обычно в вольтах), а их отношение — в децибелах со знаком

Таблица 3-3

Источник низкочастотного сигнала	Номинальное выходное напряжение, *в*	Внутреннее сопротивление, *ом*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*		Неравномерность в пределах полосы, *дб*	Динамический диапазон, *дб*	Уровень собственного фона, *дб*
			нижняя граница	верхняя граница			
Стереофонические звукосниматели (пьезо)	$\sim 0{,}1$	$>10^6$	30	15 000	6—8	~ 50	—
Монофонические звукосниматели	$\sim 0{,}3$	$>10^6$	50	10 000	До 14	~ 40	—
Воспроизводящая головка магнитофона	$5 \cdot 10^{-3}$	200—1000	40—50	12 000—14 000	До 35	~ 40	—
Выход детектора лампового приемника:							
на диапазоне ДВ и СВ	$\sim 0{,}5$	$\sim 10^5$	50	5 000	6—10	~ 35	—
на диапазоне УКВ	$\sim 0{,}8$	$\sim 10^4$	30	12 000	2—4	$\leqslant 40$	—
Выход детектора транзисторного приемника	$\sim 10^{-2}$	$5 \cdot 10^3$	$\geqslant 100$	5 000	~ 10	~ 35	—
Выход детектора звукового сопровождения телевизора	~ 1	$\sim 10^4$	30	12 000	2—4	40	—
Трансляционная линия:							
1-го класса (в городах)	30,0	$<10^2$	50	10 000	—2	—	—56
2-го класса (в сельской местности)	30 или 15	$<10^2$	60	8 000	—3	—	—50

минус. Для усилителей различных классов существуют разные нормы на уровень собственного фона, значения которых приведены в табл. 3-2.

Область применения ламповых усилителей 1-го класса. Высокие качественные показатели усилителей 1-го класса могут быть реализованы лишь при наличии источника низкочастотного сигнала с параметрами 1-го класса, высококачественной акустической системы и при условии работы в помещении, позволяющем реализовать динамический диапазон усилителя и имеющем необходимые акустические данные (время реверберации, коэффициенты отражения и поглощения и др.).

В любительских условиях обеспечить перечисленные требования очень трудно, поэтому постройку усилителей 1-го класса можно рекомендовать радиолюбителям лишь в случаях создания высококачественных стереофонических установок, предназначенных для работы в специально оборудованных аудиториях, при создании многоканальной системы озвучивания специально оборудованных помещений и т. п. Во всех остальных случаях полностью реализовать параметры первоклассного усилителя не удается; поэтому радиолюбителям в подавляющем большинстве случаев можно рекомендовать постройку усилителей 2-го или даже 3-го класса.

Выбор схемы оконечного каскада

Схема УНЧ зависит от назначения усилителя и его класса. В простейших случаях усилитель может состоять всего из одного каскада; у высококачественных усилителей схема может содержать пять, а иногда и больше каскадов. Каждый каскад усилителя выполняет вполне определенные функции. Так, оконечный каскад служит для увеличения мощности усиливаемого сигнала, подводимой к нагрузке усилителя, в качестве которой чаще всего используется электродинамический громкоговоритель. Каскады предварительного усиления нужны для того, чтобы слабый сигнал от источника низкочастотного сигнала увеличить (усилить) до значения, необходимого для раскачки мощного оконечного каскада.

Поскольку любой каскад можно собрать на различных лампах, радиолюбитель порой затрудняется в правильном выборе ламп для своего усилителя. Ниже даются рекомендации по составлению схемы УНЧ и выбору ламп для отдельных каскадов его

Оконечный однотактный каскад на лампе применяют либо в тех случаях, когда величина неискаженной выходной мощности усилителя не превышает 1,5—2,5 *вт*, либо в специальных схемах, где допустимы большие нелинейные искажения. В радиолюбительской практике однотактный оконечный каскад применим в усилителях 4-го и 3-го классов; при этом, если выходная мощность не превышает 0,5 *вт*, можно собрать схему на одном из триодов лампы 6Н1П или на триодной части триод-пентода 6Ф1П. В этих случаях вторая часть лампы используется в других каскадах.

Для оконечного каскада мощностью 1—1,5 *вт* лучше всего использовать пентодную часть лампы 6Ф3П. В этом случае триодную часть лампы используют в качестве каскада предварительного усиления и весь усилитель оказывается собранным на одной лампе. При мощности усилителя от 1,5 до 2,5 *вт* лучше всего применить лампу типа 6П14П. Если от однотактного оконечного каскада хотят

получить неискаженную мощность порядка 3 *вт*, нужно применять ультралинейную схему на лампе 6П14П при анодном напряжении +245 *в*.

Оконечный двухтактный каскад используется в тех случаях, когда выходная мощность превышает 3 *вт*. Можно рекомендовать следующие лампы для двухтактного оконечного каскада: при мощности усилителя 3 *вт* и коэффициенте нелинейных искажений не свыше 7% — пентодную часть лампы 6Ф3П, при мощности 4—5 *вт* и $K_г = 1{,}5 \div 2{,}0\%$ — две лампы 6П14П в ультралинейном режиме, при мощности 6—8 *вт* и допустимых искажениях до 10% — две лампы 6П14П в режиме $АВ_1$. При необходимости получить выходную мощность 12—14 *вт* можно применить лампы 6П14П в форсированном ультралинейном режиме при анодном напряжении +275 *в* (рис. 3-1); при этом совершенно недопустимо, чтобы напряжение на экранирующих сетках превышало +220 *в*. Чтобы выполнить это условие, необходимо в цепь экранирующих сеток включить резисторы R_1 и R_2 сопротивлением по 2—5 *ком* мощностью 2 *вт*, параллельно которым нужно включить конденсаторы C_1 и C_2 емкостью 2—4 *мкф* на рабочее напряжение 160 *в*. Также недопустимо в этом режиме отклонение величины напряжения накала от номинальной более чем на 5% в обе стороны.

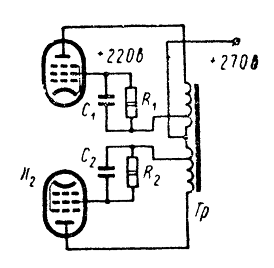


Рис. 3-1. Схема включения гасящих резисторов в цепи экранирующих сеток ламп (при ультралинейной схеме оконечного каскада).

При необходимости получения больших выходных мощностей (от 10 до 25 *вт*) можно рекомендовать для двухтактной схемы оконечного каскада лампы, предназначенные для выходных каскадов строчной развертки телевизоров (6П13С, 6П31С и 6П36С).

В некоторых случаях оказывается целесообразным применять двухтактную схему и при небольших мощностях (1—2 *вт*), например в портативных магнитофонах, приемниках 3-го класса, переносных проигрывателях, когда желательно иметь минимальные нелинейные искажения. Для таких схем можно рекомендовать двойной триод типа 6Н1П или 6Н7С.

Однотактный оконечный каскад на транзисторах применяется редко из-за невозможности получить нелинейные искажения менее 10% практически при любой даже самой небольшой мощности, а также из-за низкой экономичности. Такая схема применяется главным образом в приемниках, работающих на головные телефоны.

Двухтактный оконечный каскад на транзисторах является основным типом выходного каскада в полупроводниковых схемах и применяется в широком диапазоне выходных мощностей от 0,1 до десятков ватт. В отличие от ламповых схем двухтактные оконечные каскады на транзисторах в большинстве случаев работают в режимах $АВ_1$, $АВ_2$ и значительно реже в режиме А. Это объясняется спецификой характеристик транзисторов, а также соображениями предельной экономичности, поскольку большинство транзисторных усилителей работает в малогабаритной аппаратуре, питаемой от сухих батарей или аккумуляторов, где требование экономичности является решающим.

Для использования в двухтактном оконечном каскаде можно рекомендовать следующие типы транзисторов: при выходной мощности не более 150 *мвт*, $K_г = 10 \div 15\%$ и питании от источника напряжением 9 *в* (большинство карманных и портативных переносных приемников) — транзисторы П14 и П15 и их модификации; для усилителей с выходной мощностью до 1 *вт* и верхней границей полосы пропускания до 8 *кгц* — транзисторы типов П201, П202 и П203 при напряжении питания 12 *в*; для высококачественных широкополосных усилителей мощностью до 4 *вт* — транзисторы типов П601—П603, а также транзисторы П701 с проводимостью типа *n-p-n* при напряжении питания 18—24 *в*.

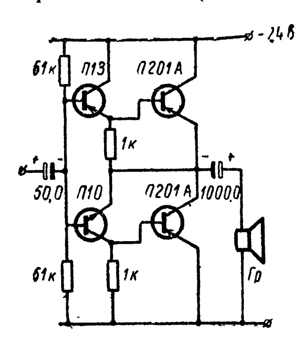


Рис. 3-2. Схема бестрансформаторного двухтактного УНЧ на транзисторах.

Наиболее высокое качество работы обеспечивают так называемые бестрансформаторные усилители, в которых транзисторы включены последовательно, а не параллельно. Для таких схем нужен источник питания с удвоенным против обычного напряжением (24—36 *в* для транзисторов типа П201 или П601). При этих условиях каскад отдает до 4—6 *вт* мощности при $K_г = 2 \div 5\%$. На рис. 3-2 приведена схема такого усилительного каскада с фазоинвертором.

Выходной трансформатор

Выходной трансформатор является обязательной деталью любого выходного каскада (за исключением редких случаев) и во многом определяет качество работы усилителя. Наибольшее влияние выходной трансформатор оказывает на такие параметры, как полоса пропускания, коэффициент нелинейных искажений и к. п. д. каскада.

Нижняя граница полосы пропускания усилителя, как правило, определяется величиной индуктивности первичной обмотки выходного трансформатора, которая в свою очередь зависит от числа витков этой обмотки и сечения сердечника трансформатора. Таким образом, для расширения полосы пропускания усилителя в сторону низких частот выгодно увеличивать число витков первичной обмотки и сечение железного сердечника выходного трансформатора. Верхняя же граница полосы пропускания зависит в основном от величины распределенной межвитковой емкости первичной обмотки и индуктивности рассеяния трансформатора Межвитковая емкость тем меньше, чем меньше витков содержится в обмотке, а индуктивность рассеяния трансформатора при прочих равных условиях тем меньше, чем меньше его сечение.

Таким образом, требования, предъявляемые к выходному трансформатору для удовлетворительной работы на самых низких и самых высоких частотах, диаметрально противоположны, что создает большие трудности при конструировании трансформаторов.

Для преодоления указанных противоречий прибегают к специальным мерам. Чтобы уменьшить межвитковую емкость, не уменьшая числа витков обмотки, применяют секционированную намотку, при которой всю первичную обмотку разбивают на несколько секций (рис. 3-3, *а*), а вторичную обмотку наматывают поверх всех секций (рис. 3-3, *б*).

Для уменьшения индуктивности рассеяния выходные трансформаторы наматывают на замкнутых кольцевых (или овальных) ленточных сердечниках (рис. 3-4). Для уменьшения потерь в железе сердечники выходных трансформаторов стремятся собирать из хоро-

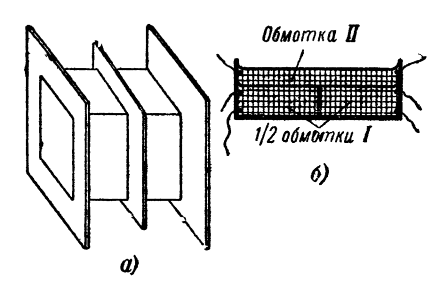


Рис. 3-3. Выходной трансформатор с секционированной первичной обмоткой.

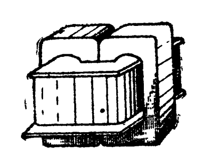


Рис. 3-4. Выходной трансформатор на ленточном сердечнике.

шо изолированных пластин толщиной 0,2 или 0,35 *мм*. Применение пластин толщиной 0,5 *мм* крайне нежелательно.

Для улучшения качества выходных трансформаторов нужно всегда стремиться к увеличению сердечника, уменьшению числа витков первичной обмотки, применению наиболее тонкого железа для сердечника и увеличению диаметра провода первичной обмотки.

Влияние выходного трансформатора на коэффициент нелинейных искажений состоит в том, что при больших амплитудах намагничивающего тока зависимость между магнитными параметрами *B* и *H* трансформатора становится нелинейной. Это приводит к тому, что даже при неискаженном (подводимом к первичной обмотке) низкочастотном сигнале напряжение на вторичной обмотке имеет значительные нелинейные искажения. Для того чтобы возможно больше расширить линейную область зависимости *B* от *H*, в выходных трансформаторах, предназначенных для работы в однотактных оконечных каскадах, сердечник трансформатора делают с зазором в магнитопроводе. Для уменьшения нелинейных искажений, вносимых выходным трансформатором, полезно увеличивать сечение его сердечника.

Коэффициент полезного действия усилителя зависит от выходного трансформатора, потому что наибольшее его значение получается при оптимальном согласовании внутреннего сопротивления оконечного каскада $R_а$ и сопротивления нагрузки $Z_н$. Это согласование достигается, когда пересчитанное в первичную обмотку сопротивление нагрузки равно сопротивлению $R_а$. Для достижения этого условия необходимо, чтобы коэффициент трансформации выходного

трансформатора (т. е. отношение чисел витков его первичной и вторичной обмоток) был равен

$$n = \sqrt{\frac{R_а}{Z_н}}.$$

Обычно бывает очень трудно точно установить величину $R_а$ каскада, поэтому согласование лампы с нагрузкой получается неоптимальным. Чтобы иметь возможность достигнуть наилучшего согласования, вторичную обмотку выходного трансформатора выгодно делать с отводами и при регулировке подбирать отвод по максимальной неискаженной выходной мощности.

Выходной трансформатор для двухтактного оконечного каскада отличается от такового для однотактного наличием двух первичных обмоток, одна из которых намотана как продолжение второй. Концы обмоток соединяют с выводами анодов оконечных ламп, а к общему выводу обеих первичных обмоток подводят напряжение питания от выпрямителя.

Кроме того, сердечник для двухтактной схемы делают без зазора в магнитопроводе, поскольку постоянные составляющие анодных токов обеих ламп протекают во встречных направлениях и вызванный этими токами суммарный магнитный поток трансформатора равен нулю.

Все соображения относительно выходных трансформаторов, изложенные выше, остаются в силе и для схем на транзисторах.

Фазоинверсный каскад

Фазоинверсный каскад применяется только в тех схемах, где оконечный каскад выполнен двухтактным. Он необходим для того, чтобы осуществить переход от однофазного выхода предварительно-

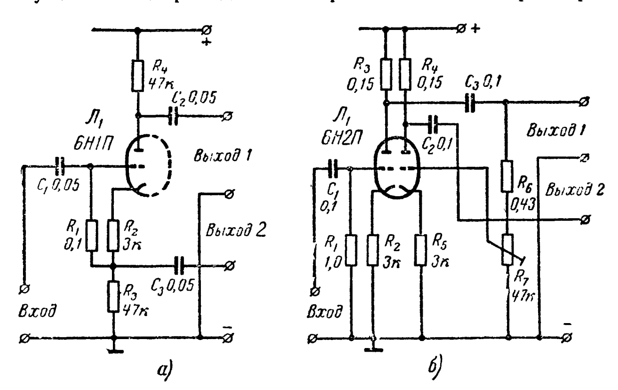


Рис 3-5. Схемы фазоинверсных каскадов на лампах.

го усилителя к противофазным входам двух плеч двухтактного оконечного каскада.

Чаще всего фазоинверторы собирают либо на одном триоде с разделенными нагрузками в анодной и катодной цепях, либо на двух

триодах (обычно используют один сдвоенный триод). Обе схемы приведены на рис. 3-5. Схема на рис. 3-5, *а* обладает тем достоинством, что симметрия выходных напряжений не зависит от лампы и определяется исключительно идентичностью сопротивлений нагрузки. В то же время эта схема имеет существенный недостаток — ее коэффициент усиления всегда ниже единицы, что влечет за собой необходимость в дополнительном каскаде усиления.

Схема на рис. 3-5, *б* при том же анодном напряжении позволяет получить большее по величине напряжение сигнала на выходе каскада.

Фазоинверсный трансформаторный каскад представляет собой каскад усиления напряжения, в анодную цепь которого включен специальный фазовращающий трансформатор. Его вторичная обмотка имеет отвод от средней точки, благодаря чему напряжения на концах обмотки по отношению к этому отводу оказываются равными, но противофазными.

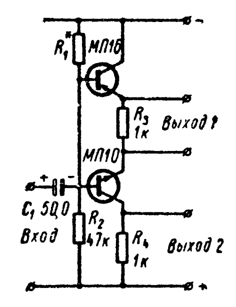


Рис. 3-6. Схема фазоинвертора на транзисторах.

По сравнению с рассмотренными выше схемами фазоинвертор с трансформатором имеет значительно бо́льшую неравномерность частотной характеристики и больший коэффициент нелинейных искажений. Поэтому трансформаторные фазоинверсные каскады находят применение лишь в экономичных батарейных усилителях и иногда в транзисторных усилителях. Наибольшее применение эта схема находит в карманных приемниках.

Фазоинвертор на транзисторах разной проводимости создан для усилителей, в которых транзисторы оконечного каскада включены последовательно (рис. 3-6). В этих усилителях поворот фазы низкочастотного сигнала происходит благодаря тому, что транзистор с обратной проводимостью (П10) включен синфазно (по току) с основным транзистором (П16), в результате чего напряжения, снимаемые с обоих транзисторов, оказываются противофазными.

Каскады предварительного усиления низкой частоты

Каскады предварительного усиления низкой частоты предназначаются для того, чтобы незначительное напряжение от источника низкочастотного сигнала усилить до величины, необходимой для работы оконечного каскада. В радиолюбительской практике наиболее часто применяются так называемые резистивные каскады, у которых нагрузкой служит резистор.

Резистивный каскад предварительного усиления может быть собран на триоде, пентоде или транзисторе. Схема на пентоде имеет в 3—10 раз больший коэффициент усиления, чем схема на триоде. В каскадах предварительного усиления низкой частоты наиболее часто применяются следующие радиолампы: 6Н1П, 6Н2П, 6Ф3П (триодная часть), 6Ф1П (как триодная, так и пентодная части), 6Ж1П, 6Ж3П, 6Г3П (триодная часть). Из транзисторов для предварительных каскадов усиления наиболее подходящими являются П13, П14, П15, П16.

Типовые схемы резистивных каскадов приведены на рис. 3-7.

При выборе ламп или транзисторов для резистивного каскада предварительного усиления низкой частоты нужно учитывать, что пентоды в большей степени, чем триоды, подвержены микрофонному эффекту и имеют, как правило, больший уровень собственных шумов. Учитывая, что существуют лампы, содержащие в одном баллоне по два триода, иногда оказывается выгоднее собрать предварительный двухкаскадный усилитель на двойном триоде, чем однокаскадный усилитель на пентоде.

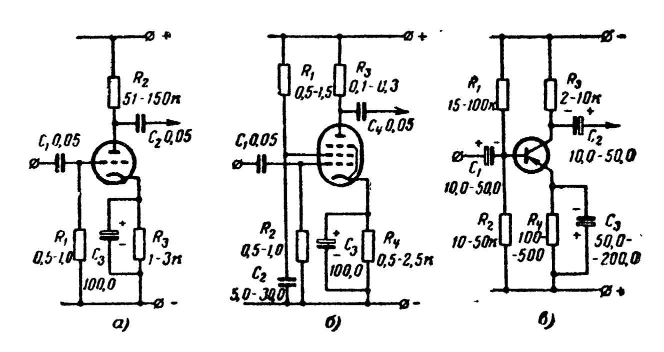


Рис. 3-7. Типовые схемы каскадов предварительного усиления на триоде (*а*), пентоде (*б*) и транзисторе (*в*).

Применение пентодов оправдано тогда, когда усилитель должен иметь весьма большое входное сопротивление или когда схема почему-либо склонна к самовозбуждению (при очень большом коэффициенте усиления или большом подъеме частотной характеристики на высших частотах).

При выборе транзисторов предпочтение нужно отдавать тем, у которых отношение коэффициента усиления к уровню собственных шумов наибольшее.

Входной каскад усилителя представляет собой разновидность обычного резистивного усилительного каскада. Но входному каскаду присущи некоторые особенности, связанные в основном с уровнем собственного фона. Входной каскад должен иметь минимальный уровень собственных шумов и фона, так как этот фон и шумы будут усилены всеми последующими каскадами наравне с полезным сигналом и приведут к повышению общего уровня фона на выходе усилителя.

Существует много способов уменьшения собственных шумов входного каскада УНЧ, наиболее эффективные из которых рассмотрены ниже.

Для снижения фона от накальной цепи накал входной лампы усилителя, содержащего более трех каскадов, питают от отдельной накальной обмотки, в цепь которой введены небольшое положительное напряжение по отношению к катоду лампы, а также специальный балансировочный потенциометр, позволяющий при регулировке схемы добиться минимально возможного при данной лампе уровня

фона. Схема питания накала входного каскада приведена на рис. 3-8.

Если усилитель имеет более четырех каскадов или предназначен для работы от микрофона, лампу первого (входного) каскада нужно монтировать на мягкой подвеске с помощью резиновых прокладок или на фасонной пружинящей шайбе из бронзы или стали, чтобы механические вибрации шасси не передавались лампе. В противном случае при небольшой громкости звуки будут сопровождаться характерным звоном, называемым микрофонным эффектом, а при большой громкости может возникнуть акустическая обратная связь, которая повлечет за собой самовозбуждение усилителя.

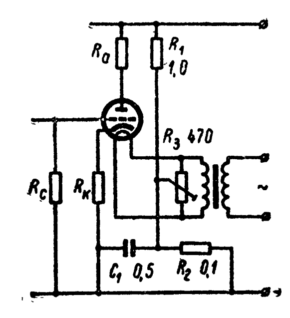


Рис. 3-8. Схема питания накала входной лампы.

Входные цепи усилителя

Входной цепью усилителя обычно называют часть схемы между входными гнездами усилителя и управляющей сеткой входной лампы. В простейших усилителях входная цепь может состоять всего лишь из одного резистора утечки сетки, однако в большинстве случаев входная цепь содержит ряд деталей: переходный конденсатор, регулятор громкости, цепи тонкомпенсации, цепи смещения, утечку сетки, входной микрофонный трансформатор, коммутатор или переключатель рода работ и др. Все эти детали, будучи подключены к сетке входной лампы, являются источниками фона и самых различных наводок, поэтому от правильности монтажа входных цепей решающим образом зависит уровень фона.

Поскольку проблема борьбы с фоном в усилителях низкой частоты является одной из важнейших, вопросу грамотного монтажа входных цепей мы уделяем особое внимание.

Соединение с шасси деталей входных цепей должно осуществляться по непреложному правилу: *каждая подлежащая соединению с шасси деталь соединяется с ним только в одной общей точке в непосредственной близости от ламповой панельки входной лампы,* причем соединяемый с шасси конец любой детали должен быть соединен с общей точкой самостоятельным изолированным проводом. Совершенно недопустимо, чтобы отдельные детали входной цепи соединялись с шасси в разных точках, даже если соединяемая с шасси деталь (например, входное телефонное гнездо) находится на большом расстоянии от общей точки.

Для того чтобы радиолюбитель яснее представлял себе это правило, на рис. 3-9 приведена схема входной цепи усилителя 1-го класса, а на рис. 3-10 показано, как грамотно осуществить монтаж этой цепи.

Оси и крышки (колпачки) потенциометров, относящихся к входной цепи, заземляют непосредственно у места их установки, а нулевой («земляной») конец самого потенциометра отдельным проводом соединяют с общей точкой заземления. Совмещать заземление этих цепей недопустимо.

Нулевые концы деталей, входящих в схему простой тонкомпенсации, разрешается соединять с нулевой точкой потенциометра

регулятора громкости, а эту точку — одним проводом с общей точкой заземления входной цепи.

Экранированные провода во входных цепях не должны касаться шасси по всей длине провода или даже в нескольких точках. Экран (броня) такого провода должен быть изолирован от шасси хлорвиниловым чулком, а соединение экрана с шасси нужно производить только в одной общей точке, в которой соединяются с шасси входные цепи.

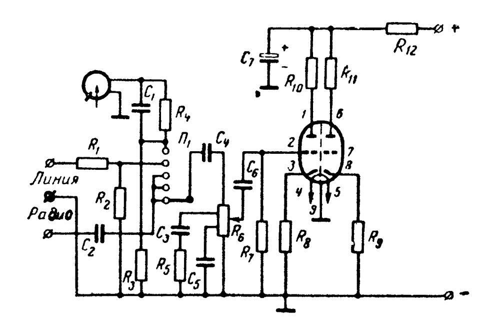


Рис. 3-9. Схема входных цепей УНЧ 1-го класса.

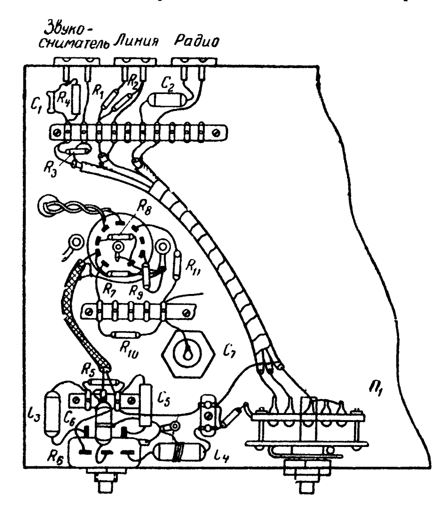


Рис. 3-10. Монтажная схема входных цепей УНЧ 1-го класса.

Совершенно недопустимо использовать экран в качестве нулевого провода для каких бы то ни было цепей. Если соединяемая с шасси деталь расположена далеко от общей точки (например, входное гнездо усилителя), нужно оба провода — и сигнальный, и нулевой — поместить в экранирующую оплетку, изолированную от шасси по всей длине, а соединение с шасси нулевого провода и оплетки осуществить в общей точке соединения с шасси входной цепи.

Общая точка соединения с шасси входной цепи в усилителях 2-го и низших классов выбирается произвольно вблизи панельки первой лампы. К этой же точке присоединяют вывод электростатического экрана лампы, а также центральный лепесток ламповой панельки.

Если входная лампа укреплена на шасси с помощью амортизаторов, нужно не забывать соединить с шасси отдельным проводом обойму ее панельки и внешний статический экран, надеваемый на лампу для снижения фона.

Регулирование громкости и тембра

Регулирование громкости может осуществляться в усилителях различными способами. В простейшем случае регулятор громкости представляет собой переменный резистор, включенный потенциометром, с выхода (движка) которого сигнал подается на управляющую

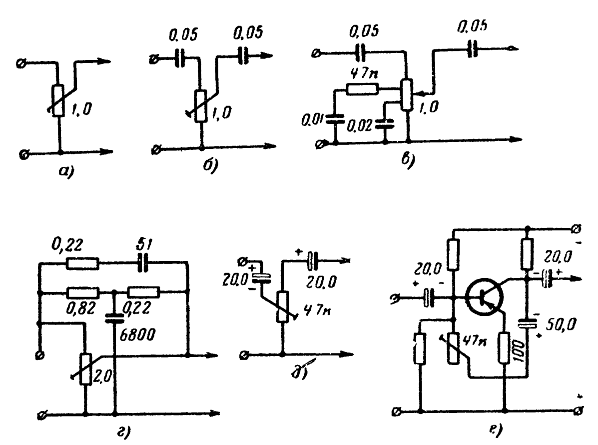


Рис. 3-11. Схемы регуляторов громкости.

сетку лампы. Такая простейшая схема обладает рядом существенных недостатков и поэтому находит применение лишь в дешевых усилителях 4-го класса и карманных транзисторных приемниках.

В более сложных схемах регулирования громкости применяют специальные меры для устранения шорохов и тресков при вращении оси регулятора, делают частотную характеристику регулятора зависящей от угла поворота его оси (тонкомпенсированная регулировка громкости), применяют резисторы с нелинейной зависимостью величины сопротивления от угла поворота его оси и т. п.

На рис. 3-11 приведены различные схемы регуляторов громкости. Схема на рис. 3-11, *а* может быть рекомендована для ламповых усилителей 3-го и 4-го классов, схемы на рис 3-11, *б* и *в* — для ламповых усилителей 2-го класса, схема на рис. 3-11, *г* — для высококачественных первоклассных усилителей, а также для тех усилителей 2-го класса, где в процессе эксплуатации часто приходится менять уровень громкости; схемы на рис. 3-11, *д* и *е* предназначены для регулирования громкости в транзисторных усилителях.

Все переменные резисторы подразделяют на линейные, показательные и логарифмические (в зависимости от характера изменения величины их сопротивлений от угла поворота оси). На крышке

потенциометра характер его кривой изменения обозначают соответственно заглавными буквами «А», «Б» и «В».

Нужно помнить, что для регулятора громкости годятся только потенциометры с логарифмической кривой изменения, т. е. обозначенные буквой «В». Потенциометры с буквой «А», а тем более, «Б» для регулирования громкости не годятся.

Регулирование тембра применяется в усилителях очень широко и предназначено для корректирования формы частотной характери-

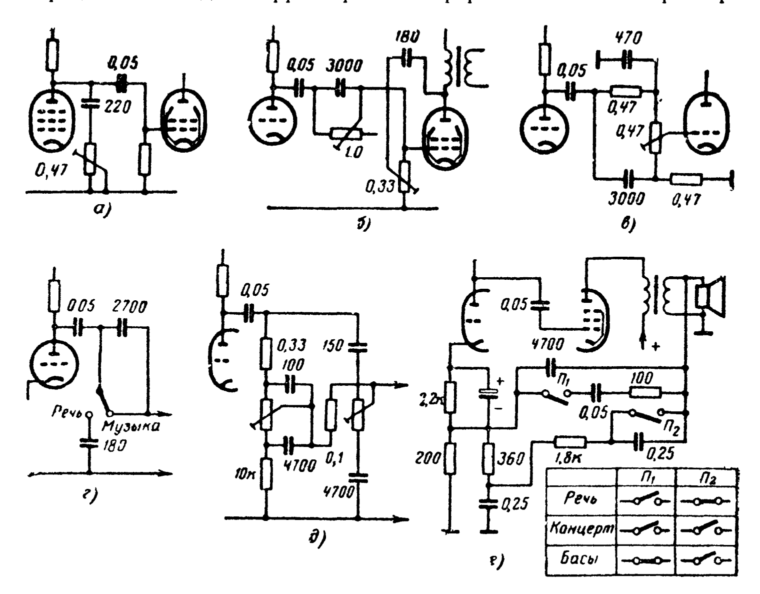


Рис. 3-12. Схемы регуляторов тембра для ламповых усилителей.

стики или изменения полосы пропускания усилителя в зависимости от содержания или качества передачи. Необходимость в такой регулировке обусловлена тем, что современные усилители обычно имеют весьма широкую полосу пропускания.

Чтобы выбрать оптимальную полосу пропускания и соответствующую форму частотной характеристики для каждой передачи в схему усилителя вводят один, два, а иногда и больше регуляторов тембра, каждый из которых корректирует частотную характеристику усилителя в определенном частотном диапазоне.

Ниже приведены наиболее распространенные схемы регулировки тембра и даны рекомендации по их применению.

Схемы регуляторов тембра, приведенные на рис. 3-12, предназначены для ламповых усилителей, а на рис. 3-13 — для транзисторных.

Схему на рис. 3-12, *а* следует применять лишь в усилителях 4-го класса. Схемы на рис. 3-12, *б* и *в* можно рекомендовать для усилителей 3-го класса. В этих же усилителях можно применять и схему на рис. 3-13, *г*, которая отличается от предыдущих тем, что вместо

плавной регулировки тембра здесь применена фиксированная регулировка.

Для усилителей 2-го класса наиболее подходят схемы на рис. 3-12, *д* и *е*. Схемы регуляторов тембра для усилителей 1-го клас-

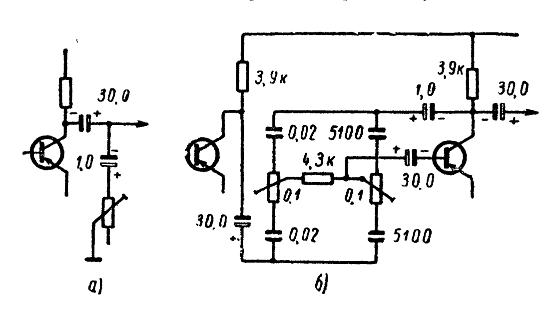


Рис. 3-13. Схемы регуляторов тембра для транзисторных усилителей.

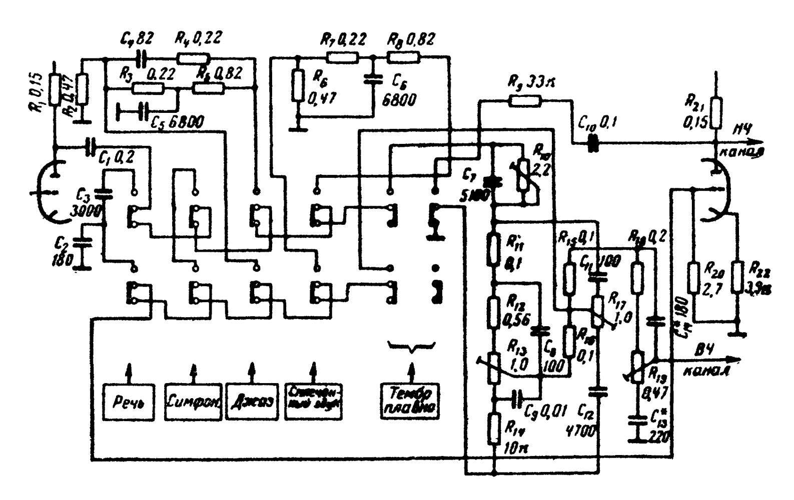


Рис. 3-14. Схема регулировки тембра в усилителе 1-го класса.

са чаще всего зависят от назначения и специфических особенностей усилителя и акустической системы.

Количество регуляторов тембра в таких усилителях доходит иногда до четырех. Помимо плавных регуляторов, в усилителях 1-го класса применяются фиксированные регуляторы.

В качестве примера на рис. 3-14 приведена схема узла регулировки тембра усилителя 1-го класса.

Собственные шумы усилителя

Шумы, возникающие во входном каскаде, и способы их снижения мы уже рассматривали. Рассмотрим теперь другие источники фона и наводок в усилителях. Ламповые усилители, имеющие весьма высокие (порядка сотен килоом) входные сопротивления каскадов, очень чувствительны к внешним статическим и магнитным полям. В транзисторных усилителях влияние наводок обычно невелико.

Магнитные наводки с частотой 50 *гц* являются наиболее неприятными, поскольку нет простых способов их устранения. Основными источниками этих наводок служат трансформатор питания, провода, подводящие к нему напряжение сети, выпрямительные элементы и дроссель фильтра (при однополупериодной схеме выпрямителя).

Элементами УНЧ, наиболее подверженными этому виду помех, являются выходной трансформатор, микрофонный и межламповые трансформаторы (если они имеются в усилителе), входная лампа и входные цепи, а также детали и провода, расположенные в непосредственной близости от источника помех. Радикальным способом борьбы с такого вида магнитными наводками являются экранирование источников наводок железными экранами и максимальное удаление от цепей, наиболее подверженных воздействию помех. Магнитные поля трансформатора питания резко уменьшаются, если он намотан на витом ленточном сердечнике.

Электростатические наводки с частотой 50 *гц* излучаются проводами, идущими от повышающей обмотки трансформатора питания к выпрямительным элементам, силовыми диодами, кенотроном, а также проводами электросети, переключателем сетевого напряжения, цепью предохранителя и выключателем напряжения сети, особенно если он спарен с регулятором громкости. Наиболее подвержены воздействию этого рода наводок регуляторы громкости и тембра, все провода входных цепей и провода, идущие к регуляторам тембра, лампы каскадов усиления напряжения, особенно лампы входного каскада, провода питания анодных цепей и цепей смещения предварительных каскадов и незаземленные корпуса металлизированных переходных конденсаторов (типов МБМ, БМТ, БГМТ, БГМШ).

Способы борьбы со статическими наводками — экранирование как излучающих, так и подверженных наводкам проводов, применение жестяных экранчиков для защиты ламповых панелек входных ламп со стороны монтажа, предельное удаление цепей, подверженных действию наводок, от источников наводок, рациональный монтаж, максимальное сокращение длин всех соединительных проводов в цепях регуляторов громкости и тембра, экранирование самих регуляторов.

Источниками наводок с частотой 100 *гц* являются дроссель фильтра, провода, идущие от выпрямителя к дросселю и электролитическим конденсаторам, а также предохранитель в цепи выпрямленного напряжения. Эти наводки имеют довольно большой уровень и вследствие повышенной частоты не менее опасны, чем наводки с частотой 50 *гц*. Цепи, поражаемые этими наводками, те же, что и поражаемые наводками с частотой 50 *гц*, и меры борьбы с наводками в основном те же.

Провода накала ламп также могут явиться эффективным источником наводок, особенно в тех случаях, когда они расположены в непосредственной близости от входных цепей усилителя. Для умень-

шения наводок в этом случае нужно свивать оба провода накала и прокладывать их как можно дальше от входных цепей. Можно рекомендовать провода накала прокладывать не в подвале, а сверху шасси, пропуская их вниз лишь возле соответствующей лампы. Провод накала, проходящий возле входной, а особенно микрофонной лампы, желательно помещать в экранирующую оплетку.

Электростатические наводки звуковой частоты возникают только при наличии усиливаемого сигнала и лишь при большой громкости. Источниками этих наводок являются лампы оконечного каскада, выходной трансформатор, а также соединительные провода между ними. Эти наводки могут вызвать неустойчивую работу усилителя и даже его самовозбуждение. Величина их возрастает, если вторичная обмотка или сердечник выходного трансформатора не заземлены. Воздействию этих наводок подвержен весь усилитель, поэтому главные способы борьбы с ними — рациональный монтаж, заземление сердечника выходного трансформатора и одного из выводов вторичной обмотки выходного трансформатора, при портативной конструкции и плотном монтаже — электростатическое экранирование лампы выходного каскада.

Рациональным монтажом называют монтаж, при котором сведены к минимуму возможности наводок, а также паразитных (нежелательных) положительных и отрицательных обратных связей между каскадами и цепями. В усилителях низкой частоты наиболее рациональным нужно считать такой монтаж, когда его лампы и детали расположены одна за другой по одной линии в соответствии с их изображением на принципиальной схеме. В этом случае входные цепи оказываются предельно удаленными от выходных, а вероятность паразитных обратных связей через провода питания минимальна. Если входные гнезда и регулятор громкости значительно удалены от самого усилителя, желательно сконструировать усилитель так, чтобы его входная лампа находилась вблизи регулятора громкости, а сигнал с анода первой лампы подводился к сетке следующей лампы экранированным проводом.

Обратные связи в усилителях

Отрицательную обратную связь в УНЧ применяют для уменьшения нелинейных искажений, уменьшения неравномерности и расширения частотной характеристики, а иногда используют в схемах регулирования тембра. Сущность отрицательной обратной связи состоит в подаче некоторой части выходного напряжения усилителя на его вход в противофазе с напряжением источника усиливаемых сигналов. Основным недостатком отрицательной обратной связи считают значительное снижение усиления, однако это свойство отрицательной обратной связи нередко используют для регулировки коэффициента усиления в процессе налаживания усилителя.

Различают схему с отрицательной обратной связью по току (ООСТ) и схему с отрицательной обратной связью по напряжению (ООСН).

При отрицательной обратной связи по току сигнал обратной связи является функцией тока, протекающего через нагрузку (каскада или всего усилителя) и пропорционален ему. Наиболее часто ООСТ применяют, когда обратной связью нужно охватить один каскад. Для получения ООСТ достаточно включить в разрыв цепи

катода лампы резистор, сопротивление которого обычно подбирают опытным путем при регулировке усилителя.

Часто резистор в разрыв цепи катода лампы включают не с целью получения ООСТ, а для получения напряжения смещения на сетку лампы. Если резистор включен только для получения напряжения смещения, его необходимо заблокировать конденсатором, емкость которого выбирается такой, чтобы его реактивное сопротивление на самой низкой частоте рабочего диапазона усилителя было по крайней мере в 10 раз меньше сопротивления резистора в катодной цепи лампы.

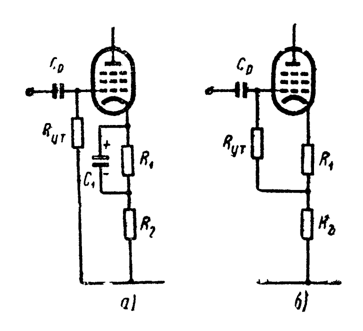


Рис. 3-15. Схемы одновременного получения напряжений автоматического смещения и обратной связи по току.

Если одновременно с напряжением смещения желательно получить и ООСТ, резистор в цепи катода конденсатором не блокируют. Наконец, если сопротивления резисторов в цепи катода, необходимые для получения напряжений смещения и ООСТ, не равны, то применяют одну из схем, приведенных на рис. 3-15. В схеме на рис. 3-15, *а* резистор R_2 имеет сопротивление, необходимое для получения ООСТ заданной глубины, а сопротивление резистора R_1 определяется по формуле

$$R_1 = R_{\text{см}} - R_2,$$

где $R_{\text{см}}$ — сопротивление, необходимое для получения напряжения автоматического смещения.

Схему на рис. 3-15, *б* применяют в тех случаях, когда сопротивление, необходимое для получения заданной глубины ООСТ, превышает сопротивление, необходимое для получения напряжения смещения. В этом случае величина напряжения смещения определяется сопротивлением резистора R_1, а величина ООСТ — сопротивлением резисторов $R_2 + R_1$.

Другие способы получения отрицательной обратной связи по току применяются значительно реже. Наиболее распространен способ, при котором ООСТ получается за счет резистора в цепи экранирующей сетки пентода и тетрода. В этом случае блокировочный конденсатор между экранирующей сеткой и «землей» не включают. Поскольку резистор в цепи экранирующей сетки предназначен для установления необходимого режима экранирующей сетки по постоянному току, возможно, что сопротивление этого резистора не совпадает с величиной, необходимой для получения ООСТ. В этом случае в цепь экранирующей сетки последовательно включают два резистора. Сопротивления их выбирают так, чтобы значение одного из них обеспечивало необходимую величину ООСТ, а сумма обоих — необходимый режим экранирующей сетки по постоянному току. Второй резистор, не участвующий в получении ООСТ, блокируют конденсатором большой емкости.

Отрицательная обратная связь по напряжению обычно применяется в тех случаях, когда обратной связью нужно охватить несколько каскадов или весь усилитель. Чаще всего напряжение об-

ратной связи снимают с вторичной обмотки выходного трансформатора (либо непосредственно, либо с помощью делителя). Некоторые наиболее применимые схемы ООСН приведены на рис. 3-16. Сопротивления резисторов делителей в цепи обратной связи рассчитывают, исходя из необходимой величины ООСН.

Частотнозависимая отрицательная обратная связь (ЧООС) находит применение в тех случаях, когда нужно уменьшить усиление лишь на некотором участке частотного диапазона усилителя. ЧООС представляет собой обратную связь, величина (глубина) которой зависит от частоты сигнала. Получают ЧООС путем включения в цепь обратной связи реактивных элементов (конденсаторов и катушек индуктивности), реактивное сопротивление которых, как известно, зависит от частоты переменного напряжения. ЧООС широко применяют в усилителях записи и воспроизведения магнитофонов для корректирования формы их частотной характеристики, в схемах разделения сигнала (в многоканальных усилителях), а также для уменьшения «выбросов», т. е. резкой неравномерности частотной характеристики в узком диапазоне частот (например, пика характеристики в области собственного механического резонанса громкоговорителя).

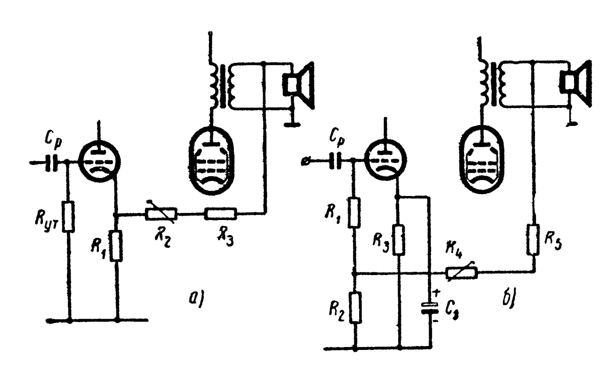


Рис. 3-16. Типовые схемы отрицательной обратной связи по напряжению с подачей напряжения ОС в цепь катода (*а*) и цепь сетки (*б*).

Регулирование тембра с помощью ЧООС имеет то преимущество, что одновременно с регулировкой тембра происходит снижение нелинейных искажений. На рис. 3-12, *е* приведена схема регулятора тембра с помощью ЧООС, а на рис. 3-17 — соответствующие частотные характеристики. Эти схемы можно рекомендовать для усилителей 3-го и 2-го классов с глубиной регулировки не более 6 *дб*. При более глубокой ООС возможно самовозбуждение усилителя на ультразвуковой частоте, которое при отсутствии осциллографа может остаться незамеченным и явиться причиной значительных нелинейных искажений на рабочих частотах усилителя.

Не рекомендуется применять отрицательную обратную связь в тех каскадах усилителя, в которых осуществляется регулировка тембра (если, разумеется, схема регулировки сама не основана на

принципе частотнозависимой обратной связи). Это объясняется тем, что схема регулировки тембра преследует цель изменить форму частотной характеристики в возможно большей степени, а отрицательная обратная связь, напротив, выравнивает частотную характеристику, поэтому применение ООС в каскаде, содержащем регуляторы тембра, будет уменьшать эффективность регулировки. По этой же причине не оправдано применение ООС во входном каскаде, если он содержит тонкомпенсированный регулятор громкости.

Паразитные (нежелательные) обратные связи в усилителях весьма разнообразны как по виду связи (положительная, отрицательная,

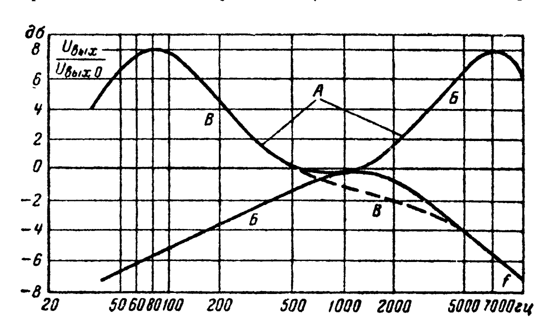


Рис. 3-17. Частотные характеристики регулятора тембра.

А — в положении «Концерт»; *Б* — «Речь»; *В* — «Басы».

частотнозависимая), так и по характеру ее возникновения (через цепи питания, за счет статических наводок, через внутриламповую емкость или емкость монтажа и др.). Действие паразитных обратных связей не поддается предварительному учету, поэтому многие параметры даже грамотно сконструированного усилителя всегда несколько отличаются от расчетных. При неграмотном монтаже паразитные обратные связи могут в несколько раз ухудшить расчетные параметры усилителя и вызвать его самовозбуждение.

Предотвращение паразитной обратной связи по цепям питания возможно в том случае, если обеспечена надежная развязка анодных цепей всех ламп друг от друга. Для этого есть несколько способов. Схема питания анодных цепей, изображенная на рис. 3-18, предотвращает паразитную обратную связь при любом числе каскадов усилителя.

Сопротивления развязывающих резисторов должны возрастать справа налево ($R_1>R_2>R_3>R_4$), а емкости развязывающих конденсаторов — наоборот ($C_1<C_2<C_3<C_4$).

К цепям питания относятся также цепи экранирующих сеток пентодов и тетродов и цепи смещения, если в качестве источника напряжения смещения использован отдельный выпрямитель. Для предотвращения обратной связи через эти цепи также применяют развязывающие фильтры, исключающие влияние одного каскада на другой.

Паразитная обратная связь через емкость монтажа может быть уменьшена только путем рационального монтажа. Особенно опасна

связь анодной цепи каскада с сеточной цепью предыдущего каскада, так как по этой цепи возникает сильная положительная обратная связь, приводящая к неустойчивой работе усилителя и его самовозбуждению на звуковых частотах.

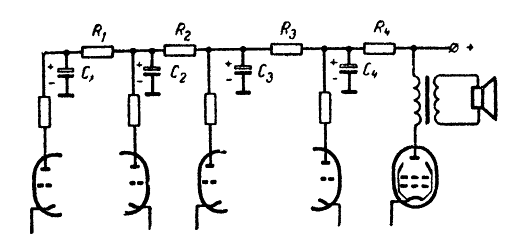


Рис. 3-18 Схема включения развязывающих фильтров.

Возможны также и отрицательные обратные связи через емкость монтажа, которые могут снижать усиление каскада и изменять форму частотной характеристики усилителя.

Самовозбуждение усилителя

Неустойчивая работа усилителя в большинстве случаев вызывается его склонностью к самовозбуждению на звуковых, ультразвуковых или инфразвуковых (сверхнизких) частотах.

Самовозбуждение усилителя на ультразвуковых частотах (30—100 *кгц*) обычно наблюдается в многокаскадных (более трех каскадов) усилителях, а также при использовании в УНЧ ламп с большой крутизной. К самовозбуждению склонны некоторые типы ламп. В качестве примера можно назвать триод-пентод 6Ф3П, у которого в одном баллоне совмещены пентод и триод. Причиной самовозбуждения является паразитная положительная обратная связь через емкость между анодом пентода и сеткой триода.

Самовозбуждение на ультразвуковой частоте может быть обнаружено только с помощью осциллографа.

Вредное влияние самовозбуждения на ультразвуковой частоте сказывается на всех частотах в пределах полосы пропускания усилителя. Самовозбуждаясь, усилитель работает, как ультразвуковой генератор, что приводит к модулированию одного сигнала другим. При этом нелинейные искажения полезного сигнала становятся весьма значительными.

В качестве мер, предотвращающих самовозбуждение на ультразвуковой частоте, можно рекомендовать включение конденсатора емкостью от 0,005 до 0,03 *мкф* параллельно первичной обмотке выходного трансформатора, а в многокаскадных усилителях — включение последовательной цепочки из конденсатора емкостью 10—30 *пф* и резистора сопротивлением 33—51 *ком* между анодом и управляющей сеткой у ламп первого и второго каскадов.

Для лампы 6Ф3П можно рекомендовать включение последовательно с переходным конденсатором между анодом триода и сеткой

пентода резистора сопротивлением 10—30 *ком*, а также включение между анодом и сеткой пентода последовательной *RC*-цепочки (5—8 *пф* и 27—47 *ком*).

Самовозбуждение усилителя на инфразвуковых частотах (от долей герца до 10 *гц)* также незаметно на слух, но и оно вносит нелинейные искажения в усиливаемый сигнал. Это объясняется тем, что при наличии инфразвуковых колебаний большой амплитуды рабочая точка ламп, охваченных генерацией, как бы перемещается с очень низкой частотой от очень больших отрицательных значений напряжения до нуля и даже в некоторых случаях до положительных значений. Это, естественно, сопровождается нелинейными искажениями полезного сигнала, изменением коэффициента усиления усилителя в такт с генерацией, что воспринимается как периодические ослабления и возрастания громкости.

В отличие от ультразвуковой инфразвуковая генерация может возникать иногда только при наличии полезного сигнала, что затрудняет ее обнаружение.

Причиной инфразвуковой генерации почти всегда является недостаточная развязка цепей питания (в основном анодных).

Обнаружить инфразвуковую генерацию можно, наблюдая за диффузором громкоговорителя, подключенного к выходу усилителя. При наличии генерации диффузор совершает медленные колебания весьма большой амплитуды, хорошо видимые глазом. В случае релаксационного характера генерации в громкоговорителе слышны характерные щелчки (так называемое «капание»).

Основной способ устранения инфразвуковой генерации — улучшение развязок в цепях питания.

Значительно реже причиной инфразвуковой генерации может быть чрезмерно большая емкость переходных конденсаторов, которая не должна превышать 0,1 *мкф.*

Периодическое увеличение нелинейных искажений после некоторого времени работы усилителя (от нескольких минут до нескольких часов) наблюдается довольно часто. Причиной этого является возникновение термотоков в цепи управляющей сетки оконечной лампы, резко нарушающих режим работы оконечного каскада.

Наиболее подвержены появлению термотоков лампы 6Ф3П (пентодная часть) и 6П14П. Склонность к появлению термотоков у этих ламп резко повышается при увеличении их коэффициента использования, т. е. по мере того, как рабочие режимы приближаются к предельным. Особенно критичны лампы к перекалу и перенапряжению на экранирующих сетках.

При появлении указанных искажений необходимо заменить лампы и тщательно проверить режим оконечного каскада, а в случае необходимости — снизить питающие напряжения.

Искажения в усилителях

Все виды искажений в усилителях низкой частоты могут быть разделены на две группы; линейные искажения, при которых спектр выходного сигнала остается таким же, как и у входного, и нелинейные, в результате которых спектр выходного сигнала искажается, т. е. в нем появляются составляющие, которых не было во входном сигнале. Наиболее неприятными являются искажения второго

вида. Они могут вызываться рядом причин, из которых основными являются неправильный режим ламп (в основном у оконечного каскада), асимметрия фазоинвертора, перегрузка предоконечного каскада усиления напряжения, перегрузка фазоинвертора, асимметрия первичной обмотки двухтактного выходного трансформатора.

Основные причины возникновения нелинейных искажений, связанные с режимом ламп, — это чрезмерно заниженные напряжения на анодах ламп оконечного и предоконечного каскадов, а также неправильный выбор рабочей точки лампы (особенно оконечного каскада). Однако при выборе анодного напряжения для оконечного каскада всегда нужно помнить, что перенапряжение может повлечь за собой возникновение термотоков управляющей сетки, сопровождающееся гораздо бо́льшими нелинейными искажениями, чем при пониженном анодном напряжении. Практически напряжение на аноде выходной лампы надо брать равным 0,8—0,9 допустимого значения.

Выбор рабочей точки лампы в собранном усилителе обычно сводится к подбору напряжения смещения. Для любительских усилителей, мощность которых редко превышает 10 *вт*, можно рекомендовать во всех каскадах применять автоматическое смещение с помощью резистора в цепи катода. Нужно помнить при этом, что значительное превышение сопротивления резистора не вызывает заметных искажений, а лишь приводит к небольшому снижению коэффициента усиления каскада, поскольку при этом увеличивается глубина отрицательной обратной связи. И, наоборот, даже незначительное (10—20%) уменьшение сопротивления резистора автоматического смещения при больших сигналах может вызвать заметные нелинейные искажения.

Асимметрия первичной обмотки двухтактного выходного трансформатора может явиться причиной неустранимых регулировкой нелинейных искажений. Для проверки симметрии обеих половин первичной обмотки выходного трансформатора отпаивают нагрузку от вторичной обмотки выходного трансформатора и подают на эту обмотку сигнал с частотой 1 000 *гц* и амплитудой порядка 1 *в* от самого низкоомного выхода звукового генератора (усилитель при этом должен быть выключен!). С помощью лампового вольтметра (типа МВЛ-2 или ЛВ-9) измеряют напряжение на анодах оконечных ламп двухтактного выходного каскада. Если эти напряжения различаются больше, чем на 8% для усилителя 2-го класса или на 3% для усилителя 1-го класса, трансформатор нужно перемотать.

Для устранения асимметрии выходных напряжений фазоинвертора нужно в его схему ввести регулировочный резистор, с помощью которого при налаживании усилителя добиваются минимальных искажений.

Если фазоинвертор собран по схеме с разделенными нагрузками, то один из резисторов нагрузки (безразлично какой) составляют из двух — переменного и постоянного, причем сопротивления их выбирают такими, чтобы сопротивление постоянного резистора было в 8—12 раз больше сопротивления переменного, а их суммарное сопротивление при последовательном включении чтобы было на 5—10% больше сопротивления второго резистора нагрузки. Если фазоинвертор собран на двух лампах или транзисторах, то напряжение сигнала на сетку второй лампы или базу второго трансформатора нужно подать через регулировочный потенциометр.

Значительные частотные искажения, а также недостаточная громкость работы усилителя могут быть вызваны несогласованностью выхода источника низкочастотного сигнала со входом усилителя. Чаще всего это имеет место, когда внутреннее сопротивление источника сигнала и входное сопротивление усилителя — величины разного порядка (например, внутреннее сопротивление пьезоэлектрического звукоснимателя имеет порядок 1 *Мом*, а входное сопротивление усилителя на транзисторах по схеме с общим эмиттером порядка единиц килоом, т. е. эти сопротивления различаются в сотни раз).

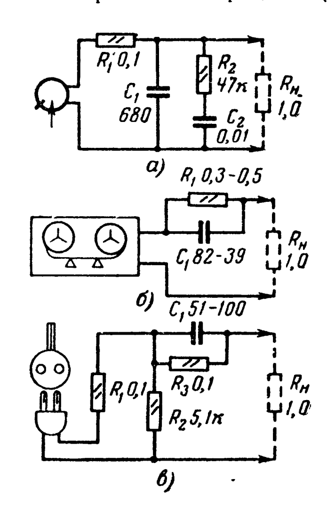


Рис. 3-19. Схемы согласующих и частотнокорректирующих цепочек на входе усилителя НЧ при различных источниках НЧ напряжения.

а — для пьезозвукоснимателя; *б* — для линейного выхода магнитофона; *в* — для трансляционной сети.

При большой разнице в величинах указанных сопротивлений применяют специальные согласующие звенья, цепочки и фильтры, а в некоторых случаях используют согласующий входной трансформатор (например, при подключении электродинамических микрофонов к ламповому каскаду) или специальные схемы включения входного каскада (например, на входе транзисторного усилителя).

На рис. 3-19 приведено несколько схем согласующих цепочек для различных источников низкочастотного сигнала.

Надежность усилителя и запасы регулировок

Надежность работы усилителя, как и любого другого радиоаппарата, в значительной мере определяется коэффициентом использования его деталей. Для деталей и ламп усилителя можно рекомендовать следующие значения коэффициентов использования: для оконечных ламп по анодному напряжению — от 0,8 до 0,9, по напряжению на экранирующей сетке — не более 0,8, по мощности рассеяния на аноде — не более 0,85, на экранирующей сетке — не более 0,75. Коэффициент использования для мощных транзисторов: по напряжению — не более 0,8, по току коллектора — не более 0,75. Коэффициент использования для электролитических конденсаторов — не более 0,7, для остальных конденсаторов — до 0,85; для постоянных резисторов по мощности — не более 0,6. Можно рекомендовать, кроме того, все резисторы сопротивлением более 510 *ком* даже в цепях, не потребляющих энергии (резисторы утечки сетки, делители напряжения низкочастотного сигнала и др.), использовать с номинальной мощностью не менее 0,5 *вт* (лучше всего типа МЛТ), а в цепях, рассеивающих некоторую мощность, применять резисторы с коэффициентом использования по мощности не более 0,4. На-

пряжения на электродах ламп и транзисторов в каскадах предварительного усиления не должны превышать 0,7 их номинальной величины, а токи — 0,6.

Рабочие напряжения на обмотках трансформаторов даже при пиковых и импульсных нагрузках не должны превышать 0,3 пробивного напряжения.

Запасы регулировки усилителя — это по существу резерв использования его параметров. Если при конструировании усилителя его чувствительность была рассчитана без запаса, то может оказаться, что она недостаточна вследствие неучтенного влияния паразитных обратных связей. Кроме того, с течением времени усилитель «стареет», в результате чего большинство его параметров изменяется в сторону ухудшения. Все это делает необходимым создание некоторых запасов по основным параметрам, позволяющих получить от усилителя заданные показатели и сохранять их в течение длительного периода эксплуатации.

Стереофонические усилители

Стереофонические усилители низкой частоты получают в последнее время все более широкое распространение. Сущность стереофонии состоит в том, что звуки, создаваемые источником (оркестр, солист), передаются по двум независимым каналам, работающим каждый от своего микрофона, причем один из каналов передает звук в основном от левого микрофона, а другой — от правого. Микрофоны каждого канала располагаются так, чтобы при воспроизведении у слушателя создавалось впечатление глубины и направленности звука. При перемещении источника звучания вдоль линии расположения микрофонов создается ощущение перемещения звука.

Для получения качества звучания, близкого к натуральному, все звенья тракта звукопередачи, в том числе усилители, должны иметь параметры 1-го или во всяком случае не ниже 2-го класса. Кроме того, специфика стереофонии предъявляет к стереофоническим усилителям дополнительные требования, которые будут рассмотрены ниже.

Параметры стереофонических усилителей могут несколько отличаться от классификации, приведенной в табл. 3-2. Так, выходная мощность каждого из каналов для озвучивания комнаты площадью 25 *м²* может быть не более 3,0 *вт*, однако коэффициент нелинейных искажений при этой мощности не должен превышать 1—3%.

Полоса пропускания для усилителя 2-го класса должна быть не у́же 40—20 000 *гц*, а для усилителей 1-го класса не у́же 20—40 000 *гц*.

Уровень собственных шумов в любом стереофоническом усилителе должен быть не хуже — 70 *дб*, а динамический диапазон не менее 60 *дб*. Некоторое ухудшение параметров по сравнению с приведенными можно допустить в усилителях магнитофонов, где параметры усилителя определяются возможностями воспроизводящей головки и звуконосителя (магнитной ленты).

Весьма важным для стереофонических усилителей является высокая степень идентичности всех параметров у обоих усилителей. Это создает дополнительные трудности при конструировании стереофонических усилителей и вызывает необходимость более жест-

ких допусков на все параметры усилителя. Главное условие обеспечения идентичности параметров — подбор одинаковых деталей для одних и тех же цепей каждого усилителя. Например, вместо указанного на схеме резистора нагрузки входного каскада сопротивлением 100 *ком* можно применить резисторы сопротивлением и 82, и 91, и 110, и 120 *ком*. Однако совершенно недопустимо в одном канале поставить резистор сопротивлением 91, а в другом 110 *ком*. Детали для двух усилителей нужно подбирать парами и (при возможности измерения) по фактическим значениям.

Регуляторы громкости и тембра в стереофонических усилителях должны обеспечивать одинаковое изменение регулируемого параметра в обоих усилителях, из-за чего эти регуляторы приходится делать спаренными, управляемыми общей ручкой. К идентичности регуляторов громкости предъявляют особо жесткие требования. Максимальное различие их сопротивлений при любом положении движка не должно превышать 5—10% (в зависимости от класса усилителя).

Регулятор стереобаланса — специфический регулятор, присущий только стереофоническим усилителям. Он представляет собой дополнительный регулятор громкости, при вращении которого громкость (усиление) одного канала возрастает, а другого на столько же уменьшается. При среднем положении регулятора стереобаланса усиление обоих каналов должно быть одинаковым. Такой регулятор может быть включен в катодные, сеточные или анодные цепи ламп предварительного каскада. В любительских условиях следует отдавать предпочтение регулятору стереобаланса в анодных цепях ламп. При монтаже цепи стереобаланса нужно придерживаться правил, обязательных для монтажа входных цепей.

Взаимные помехи обоих каналов стереофонического усилителя, т. е. паразитное проникновение сигнала из одного канала в другой, должны быть исключены. Норма взаимного ослабления сигнала у двух каналов даже в усилителях 2-го класса составляет 40 *дб* (или 100 раз) по напряжению. Это значит, что если мощность на выходе одного из каналов равна 2 *вт*, то на выходе другого, открытого по входу канала она не должна превышать (за счет наводок из первого канала) одной десятитысячной этой величины, т. е. 0,0002 *вт*. Поэтому конструкции стереофонических усилителей должны быть хорошо продуманы и отличаться особо тщательным монтажом. Нужно стараться предельно удалить друг от друга оба канала и тщательно экранировать входные цепи одного канала от выходных цепей другого.

Двухканальные усилители

Высокое качество воспроизведения звука и объемность звучания можно получить с помощью двухканального усилителя и разнесенной акустической системы. В этом случае обычно применяют два разных усилителя: один — мощный низкочастотный, работающий в диапазоне от 40—60 *гц* до 3—5 *кгц*, другой — значительно менее мощный, воспроизводящий частоты свыше 3—5 *кгц* и нагруженный на самостоятельную акустическую систему (в простейшем случае она может состоять лишь из одного высокочастотного громкоговорителя). Путем соответствующего взаимного расположения громкоговорителей в помещении можно добиться того, что источ-

ник звука не будет локализоваться на слух в одной точке, что создаст иллюзию объемного звучания. На рис. 3-20 приведена схема несложного двухканального усилителя 2-го класса.

Разделение частотного канала на два поддиапазона в двухканальных системах может производиться двумя способами. При первом из них разделение в одноканальном усилителе производится либо на выходе вторичной обмотки общего выходного трансформа-

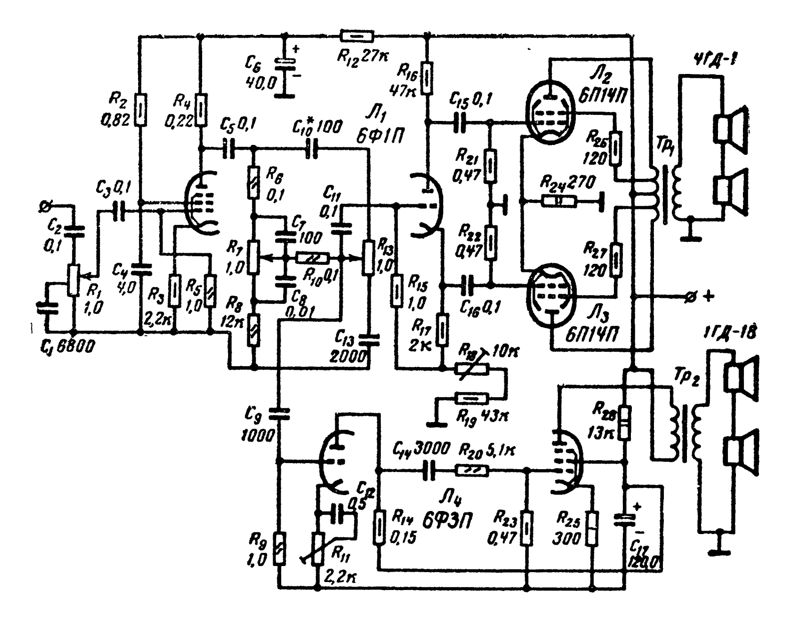


Рис. 3-20. Простой двухканальный усилитель 2-го класса.

тора (с помощью емкостно-индуктивных фильтров), либо путем включения в анодную цепь ламп выходного каскада последовательно первичных обмоток двух выходных трансформаторов — низкочастотного и высокочастотного, нагруженных каждый на свою акустическую систему. И в том, и в другом случаях усилитель ничем не отличается от обычного усилителя соответствующего класса, поэтому на такой системе разделения каналов мы останавливаться не будем.

При втором способе входной низкочастотный сигнал усиливается одним или несколькими каскадами предварительного усиления, а затем (чаще всего в цепи регулировки тембра) с помощью *RC*-фильтров направляется по двум каналам: основному низкочастотному и высокочастотному. При такой схеме можно получить очень хорошее разделение каналов, что исключает интермодуляционные искажения и позволяет построить оконечные каскады обоих каналов с учетом их частотной специфики.

Частота раздела не должна быть ниже 1 и выше 3 *кгц* (последняя цифра — для дорогих широкополосных систем). Радиолюбителям можно рекомендовать частоту раздела 1,5 *кгц*.

Соотношение уровней мощности низко- и высокочастотного каналов зависит от особенностей помещения, акустических систем, класса усилителя и содержания передач.

В среднем мощность высокочастотного канала должна составлять от 0,15 до 0,4 мощности низкочастотного канала. Более точным критерием является равенство интегральных (суммарных) плотностей сигналов обоих каналов по реальному звуковому давлению для большей части озвучиваемого помещения. При таком равенстве не замечается преобладания низких или высоких частот при воспроизведении широкополосной передачи (симфонический оркестр, большой хор и т. п.).

Регулирование громкости и тембра в двухканальных усилителях имеет свои особенности. Поскольку высокочастотный сигнал проходит лишь через один канал, регулировку тембра по высоким частотам можно осуществить, регулируя уровень (громкость) высокочастотного канала. Если же в усилителе частота раздела выбрана сравнительно высокой (4—5 *кгц*), в схему высокочастотного канала вводят дополнительный регулятор «самых высоких» частот (свыше 8 *кгц*), которым пользуются скорее как ограничителем полосы пропускания при воспроизведении обычных радиопередач или многократно используемых грампластинок. При этом стремятся получить большую крутизну среза частотной характеристики регулятора, для чего применяют схемы с комбинированными положительной и отрицательной обратными связями или используют высокодобротные *LC*-фильтры, настроенные на частоту раздела. На рис. 3-14 в качестве примера приведена схема части низкочастотного усилителя первого класса, содержащего четыре регулятора тембра (два в низкочастотном канале и два в высокочастотном) с частотами раздела 150, 1 600 и 6 000 *гц*. Данные деталей указаны применительно к конкретной схеме, поэтому при повторении схемы для другого усилителя может возникнуть необходимость в некоторых изменениях этих данных.

Особенности УНЧ в различных радиоаппаратах

В настольных радиолах, питающихся от сети переменного тока, УНЧ обычно подвержены электростатическим и магнитным наводкам со стороны цепей питания электродвигателя с частотой 50 *гц*. Это обстоятельство усугубляется еще и тем, что благодаря значительному подъему частотной характеристики регулятором тембра низких частот усилитель имеет на частотах 40—60 *гц* наибольшую чувствительность, т. е. наиболее восприимчив к наводкам. В этом случае рекомендуется применение специального режекторного фильтра или фильтра-пробки, настроенного на частоту 50 *гц*, поскольку такой фильтр, резко уменьшая чувствительность усилителя на частоте помехи, увеличивает подъем частотной характеристики на частотах 60—80 *гц*, обеспечивая необходимую степень глубины регулировки тембра.

Лучшим схемным решением следует считать включение *LC*-контура в цепь катода одного из каскадов (любого). В этом случае ослабление фона будет вызвано увеличением отрицательной обрат-

ной связи по току на частоте резонанса контура, на других же частотах влияние контура будет незначительным. Глубокую режекцию проще получить, включая этот фильтр ближе к входу усилителя, однако при этом возрастают трудности с устранением дополнительных помех, вызванных наводками на катушку индуктивности. Эту катушку нужно тщательно экранировать. В переключателе рода работ (или диапазонов) нужно предусмотреть пару контактов, замыкающих этот фильтр при работе приемника с эфира.

В консольных конструкциях, имеющих, как правило, значительную выходную мощность (8—10 и более *вт*), УНЧ часто склонны к микрофонному эффекту и самовозбуждению (по цепи акустической обратной связи). Для предотвращения этих явлений нужно входную лампу УНЧ монтировать на «мягкой» подвеске, укрепляя ее на шасси с помощью демпфирующих резиновых прокладок или пружинных шайб. Кроме того, нужно обеспечить и мягкую подвеску проигрывателя, а мощный громкоговоритель крепить к отражательной доске на резиновых или войлочных прокладках. Во всех консольных конструкциях желательно в предварительном каскаде УНЧ применять лампу, мало склонную к микрофонному эффекту (6Н1П или 6Н3П).

В телевизорах УНЧ обычно подвержены электростатическим наводкам от строчной и кадровой разверток, создающих очень большие электрические поля помех с частотами 15 625 и 50 *гц*. Помехи с частотой строчной развертки хотя и не слышны, являются причиной больших нелинейных искажений. Бороться с этими наводками несложно. В первую очередь необходимо принять меры по снижению излучения помех в месте их возникновения путем экранировки блока строчной развертки и всех высоковольтных цепей питания кинескопа. В усилителе нужно хорошо экранировать входные цепи и цепи, проходящие в непосредственной близости от источников помех. Кроме того, в каждом каскаде усилителя нужно поставить конденсаторы небольшой емкости (10—20 *пф*) между управляющей сеткой и шасси, что создает завал частотной характеристики на частотах свыше 10—12 *кгц*. Применение конденсаторов небольшой емкости в каждом каскаде вместо одного конденсатора большой емкости в одном каскаде выгоднее, поскольку это эквивалентно включению интегрирующей цепочки, имеющей бо́льшую крутизну среза, чем у однозвенного фильтра, и, кроме того, при таком включении уменьшаются помехи от наводок на каждый, а не на один какой-либо каскад. Для борьбы с наводками кадровой развертки (частота 50 *гц*) применяют те же способы, что и для борьбы с наводками от источников питания.

В магнитофонах УНЧ сильно подвержен наводкам с частотой 50 *гц* благодаря очень высокой чувствительности усилителя (порядка единиц милливольт).

Сильные наводки создает двигатель магнитофона. Для уменьшения наводок применяют те же меры, что и в радиолах (см. выше).

Если уменьшить фон в режиме воспроизведения обычными путями не удастся, можно последовательно с головкой включить специальную компенсационную катушку (200—800 витков провода диаметром 0,1—0,15 *мм*). Подбором положения и угла поворота этой катушки можно добиться резкого уменьшения фона. Компенсационную катушку располагают в непосредственной близости от воспроизводящей головки. Катушку после подбора ее положения

необходимо прочно закрепить. Подробно о борьбе с наводками магнитофонов рассказано в гл. 6 «Магнитофоны».

В радиокомбайнах УНЧ подвержен совместному воздействию всех видов помех, присущих каждому отдельному аппарату, входящему в состав комбайна, поэтому для защиты усилителя от их воздействия должны быть приняты все меры, рекомендованные выше для отдельных радиоаппаратов. Помимо этого, источником наводок в радиокомбайнах может явиться, как правило, сложная система коммутации при переходе от одного вида работы к другому. Для борьбы с такого рода наводками мы рекомендуем радиолюбителям метод, неприемлемый в промышленной аппаратуре по экономическим соображениям. Он состоит в том, что напряжение с выхода отдельного аппарата перед коммутированием подводится к дополнительному каскаду — катодному или эмиттерному повторителю, имеющему низкое выходное сопротивление. В этом случае коммутация будет осуществляться в низкоомных цепях, что во много раз снизит возможность наводок. Катодные повторители можно собрать на любых лампах или транзисторах. Схемы повторителей общеизвестны и поэтому здесь не приводятся.

В переносных транзисторных аппаратах (приемниках, телевизорах, магнитофонах) должны обязательно быть цепи температурной стабилизации, предотвращающие лавинообразное возрастание тока в мощных транзисторах при повышенной температуре окружающего воздуха (летом на улице). Кроме того, все мощные транзисторы должны монтироваться на теплоотводах достаточной площади. Невыполнение этих требований приведет к выходу из строя мощных транзисторов или недопустимым нелинейным искажениям и повышенному расходу энергии батарей при маломощном усилителе.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РАДИОПРИЕМНИКИ

Классификация приемников по качественным показателям

При конструировании любительских приемников целесообразно придерживаться приблизительно такого же разделения их на классы, какое мы приняли для УНЧ, и стараться, чтобы все параметры конструируемого приемника соответствовали какому-либо определенному, заранее выбранному классу. Ниже будут рассмотрены особенности приемников разных классов, указаны области их применения и даны рекомендации по выбору схем. В табл. 4-1 приведены основные параметры приемников всех классов (без параметров низкочастотной части и источников питания).

Радиоприемники 1-го класса имеют наиболее высокие качественные показатели, что достигается наличием в них каскадов усиления высокой частоты, высококачественных УНЧ и наличием ряда ручных и автоматических регулировок, обеспечивающих удобство пользования приемником и позволяющих получить достаточно высокое качество приема при неблагоприятных условиях (помехи, замирания, малая напряженность поля и др.). К таким регулировкам

Таблица 4-1

Парамегр приемника		Нормы параметров по классам			
		1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Диапазоны принимаемых частот, *Мгц*	ДВ	0,15—0,408			
	СВ	0,525—1,605			
	КВ	3,95—25,1	3,95—12,10		—
	УКВ	65,80—73,0		—	—
Чувствительность (при выходной мощности 50 *мвт*), *мкв* .		50	100	200	300
Чувствительность на УКВ (при выходной мощности 50 *мвт*), *мкв*		5	20	—	—
Избирательность в диапазонах СВ и ДВ, *дб*		54	40	26	20
Ослабление сигнала по зеркальному каналу в диапазонах, *дб*	ДВ	54	40	26	20
	СВ	50	26	20	20
	КВ	26	14	12	—
	УКВ	34	26	—	—
Избирательность по промежуточной частоте, *дб*		40	30	26	26
Частотная характеристика радиотракта до выхода детектора в диапазонах, *гц*	ДВ, СВ, КВ	40 — 6 000	80 — 5 000	100—4 000	200—3 000
	УКВ				

относятся усиленная задержанная АРУ, переменная полоса пропускания в УПЧ, автоподстройка частоты гетеродина. В более дорогих приемниках применяют системы автоматики, повышающие эксплуатационные удобства и создающие определенный комфорт при пользовании приемником. Это в первую очередь моторная настройка приемника, моторное переключение диапазонов, кнопочная настройка на несколько заранее выбранных станций, бесшумная настройка, подавители и ограничители помех, системы автоматического поиска станций, кабельная и беспроводная системы дистанционного управления, устройства для автоматического включения и выключения приемника в заданное время и др.

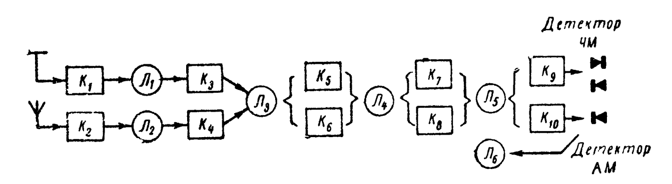


Рис. 4-1. Блок-схема приемника 1-го класса.

Прежде, чем браться за постройку приемника 1-го класса, нужно учесть, что в отличие от приемников остальных классов, собранных по более простым схемам, приемник 1-го класса невозможно наладить и отрегулировать без комплекта измерительной аппаратуры и достаточного опыта. Нельзя надеяться на то, что собранный приемник удастся настроить «на слух». Приемники 1-го класса содержат порой более 50 настраиваемых контуров. В этих условиях даже настройка по приборам сложна и кропотлива.

Блок-схемы приемников 1-го класса могут быть весьма разнообразными в зависимости от того, какие дополнительные устройства и регулировки содержит тот или иной приемник и какими средствами достигнуты его основные параметры. Однако можно довольно точно привести блок-схему наиболее простого приемника 1-го класса, при которой еще достижимы высокие требования к этим приемникам. В этой схеме (рис. 4-1) имеются общий усилитель высокой частоты и преобразователь частоты, работающие на всех диапазонах, кроме УКВ ($К_1$, $Л_2$, $К_4$, $Л_3$), двухкаскадный усилитель промежуточной частоты с двумя рабочими частотами: 465 *кгц* при приеме АМ сигналов и 8,4 *Мгц* при приеме ЧМ сигналов ($К_5$, $К_6$, $Л_4$, $К_7$, $К_8$, $Л_5$), комбинированный АМ — ЧМ детектор, усилитель-преобразователь УКВ ($К_1$, $Л_1$, $К_3$) и оптический индикатор настройки ($Л_6$).

В любительской практике целесообразно делать приемники 1-го класса с разделением на отдельные функциональные блоки. Такие приемники хотя и содержат больше радиоламп и деталей, зато они значительно проще в регулировке и стабильнее в работе. Вариант такого приемника, который можно рекомендовать квалифицированным радиолюбителям, приведен на рис. 4-2. Особенности этой схемы состоят в использовании двойного преобразования частоты на коротковолновых диапазонах, а также в применении независимого канала приема на УКВ. Более подробно об устройстве коротковолнового блока будет рассказано ниже.

Приемники 2-го класса сравнительно просты по схеме и конструкции, несложны и в то же время обеспечивают достаточно высокое качество приема как местных, так и дальних станций. В промышленных приемниках 2-го класса в соответствии с ГОСТ обязательно наличие УКВ диапазона. В любительском приемнике такого же класса можно УКВ диапазона не делать. Это намного упростит

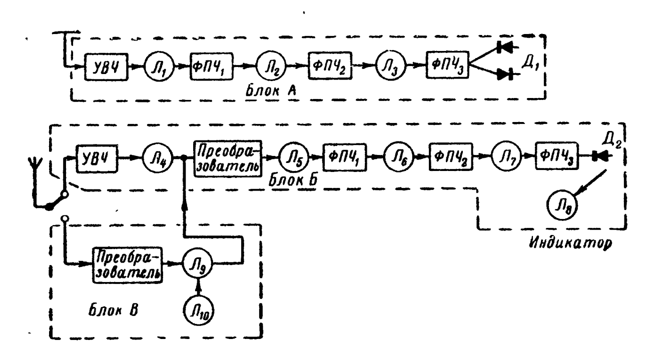


Рис. 4-2. Схема любительского супергетеродина с двойным преобразованием частоты на КВ диапазонах.

А — блок приемника УКВ — ЧМ приемника с самостоятельным УПЧ; *Б* — блок приемника СВ и ДВ; *В* — конвертор для коротковолновых диапазонов с лампой отдельного гетеродина ($Л_{10}$).

постройку, а главное регулировку и настройку приемника. УКВ диапазон имеет смысл делать лишь в тех случаях, когда радиолюбитель располагает фабричным блоком УКВ — ЧМ преобразователя и двухканальными полосовыми фильтрами ПЧ. При самостоятельном изготовлении УКВ блока радиолюбитель может столкнуться с трудно разрешимой в любительских условиях проблемой нейтрализации УВЧ. Кроме того, необходимо помнить, что прием на ультракоротких волнах возможен лишь в непосредственной близости от радиостанций, ведущих передачи на УКВ.

Область применения приемников 2-го класса в любительских условиях весьма разнообразна. Они выполняются в виде самостоятельных аппаратов (настольных, консольных и переносных), входят в состав радиол, магнитол, радио- и телерадиокомбайнов. Так же разнообразно и конструктивное оформление приемников.

Блок-схемы приемников 2-го класса могут быть различными, однако наиболее типичными являются схемы, приведенные на рис. 4-3. Значения промежуточных частот стандартные: 465 *кгц* для АМ канала и 8,4 *Мгц* для ЧМ канала. Однако если приемник входит в состав радиокомбайна, содержащего телевизор, целесообразнее УКВ приемник совместить с радиоканалом телевизора и применить промежуточную частоту 6,5 *Мгц*. В этом случае для приема УКВ — ЧМ программ достаточно иметь только блок усилителя-преобразователя ЧМ, а в качестве УПЧ и частотного детектора использовать соответствующие каскады канала звукового сопровождения телевизора.

Радиоприемники 3-го класса — это, как правило, малоламповые двух- или трехдиапазонные супергетеродины, схемы которых содер-

жат ряд упрощений, незначительно снижающих качество работы, но делающих приемник простым в сборке и налаживании. Единственной автоматической регулировкой в усилителях 3-го класса чаще всего

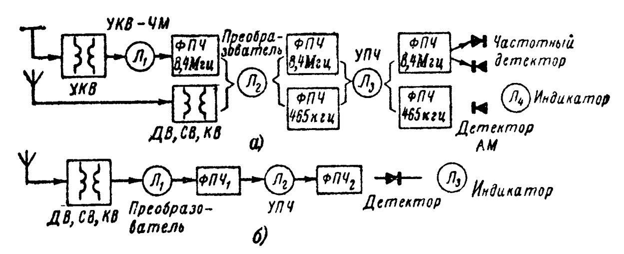


Рис. 4-3. Блок-схемы приемников 2-го класса.

а — приемник с диапазоном УКВ; *б* — приемник без диапазона УКВ.

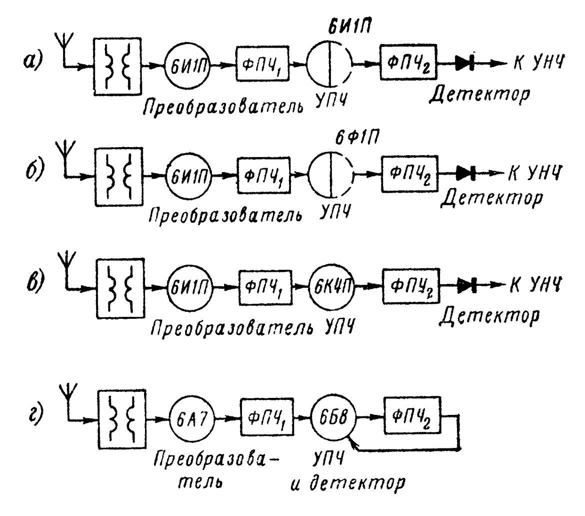


Рис. 4-4. Блок-схемы приемников 3-го класса.

является простая или задержанная АРУ. Полоса пропускания обычно не превышает 5—6 *кгц* в соответствии с полосой радиовещательных станций диапазонов длинных и средних волн. Избирательность по соседнему каналу лежит в пределах 20—25 *дб*.

Блок-схема приемников 3-го класса почти всегда такова: входные цепи (преселектор); многосеточный преобразователь, который может быть собран на лампах 6И1П (рис. 4-4, *а*, *б* и *в*) и 6А7; однокаскадный УПЧ, собранный на пентодной части лампы 6И1П (рис. 4-4, *а*), а также на лампах 6Ф1П (рис. 4-4, *б*), 6К4П (рис. 4-4, *в*) и 6Б8 (рис. 4-4, *г*); диодный детектор сигнала и детектор АРУ.

Наличие сдвоенных и комбинированных ламп позволяет создавать приемники 3-го класса всего на двух-трех лампах (без УНЧ), если в качестве детекторных элементов используются полупроводниковые диоды.

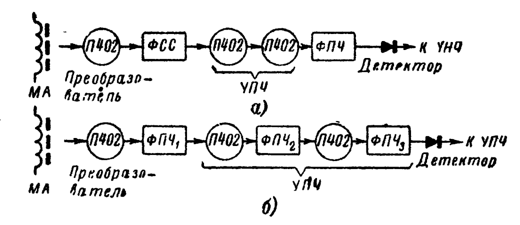


Рис. 4-5. Блок-схемы транзисторных приемников 3-го класса.

а — с фильтром сосредоточенной селекции; *б* — с двухкаскадным УПЧ на полосовых фильтрах.

Радиоприемники 3-го класса на транзисторах в последние годы получают более широкое распространение, чем ламповые. Это объясняется тем, что параметры, предусмотренные для приемников 3-го

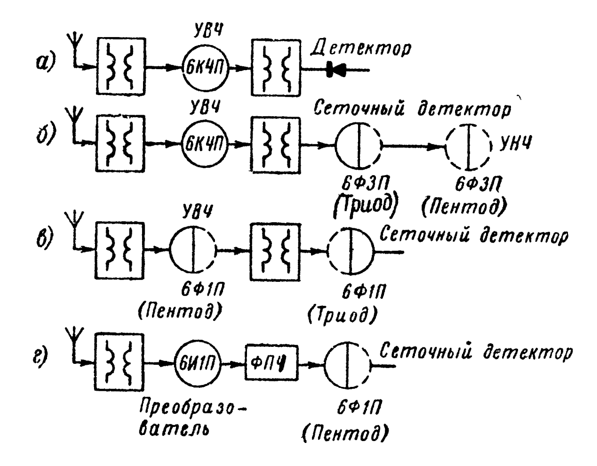


Рис. 4-6. Блок-схемы ламповых приемников 4-го класса.

а, б и *в* — схемы прямого усиления; *г* — простейший супергетеродин с сеточным детектором.

класса, довольно легко обеспечить, применяя массовые дешевые транзисторы, имеющиеся повсюду в продаже (П401, П14, П15 и др.). В то же время благодаря высокой экономичности транзисторных приемников их можно делать переносными.

Блок-схемы транзисторных приемников очень разнообразны. Наиболее распространенные из них приведены на рис. 4-5.

Радиоприемники 4-го класса — очень простые по схеме и конструкции аппараты. Основное их назначение — прием местного радиовещания. Часто входная часть приемников 4-го класса выполняется в виде блока фиксированной настройки, обеспечивающего выбор одной из двух-трех заранее выбранных программ.

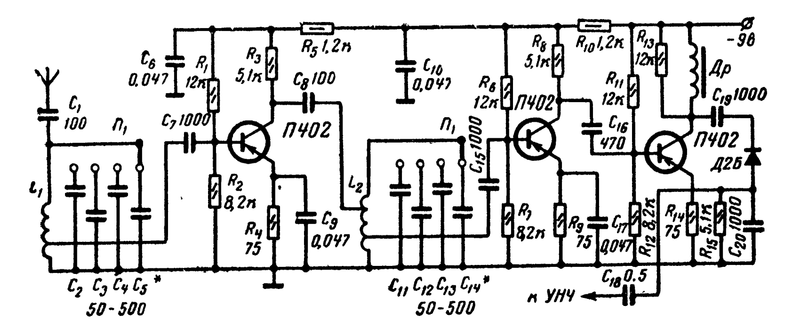


Рис. 4-7. Схема транзисторного приемника прямого усиления с фиксированной настройкой на четыре станции.

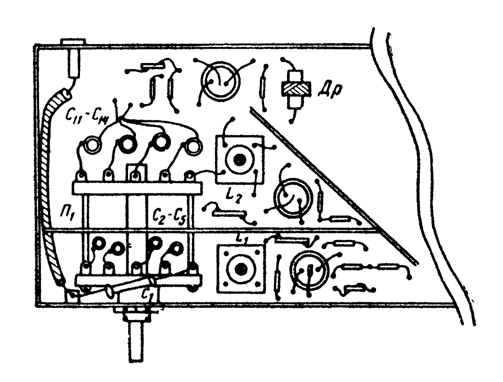


Рис. 4-8. Конструкция ВЧ части приемника.

Если приемник 4-го класса имеет плавную настройку, в его схему вводят некоторые несложные дополнения, повышающие чувствительность и избирательность. К таким дополнениям относятся положительная обратная связь по ПЧ (в супергетеродинах), сеточный или анодный детектор вместо диодного, регенеративное усиление и детектирование, рефлексное использование ламп и т. д. Блок-схемы приемников этого класса весьма разнообразны. Некоторые из них приведены на рис. 4-6.

Радиоприемники 4-го класса на транзисторах составляют группу малогабаритных переносных приемников — карманных, сверхми-

ниатюрных и др. Большинство из них выполнено по простой супергетеродинной схеме с фильтром сосредоточенной селекции на входе УПЧ и ферритовой антенной. Эти приемники делают одно- и двухдиапазонными. Встречаются приемники с фиксированной настройкой. Нередко приемники этого класса (особенно любительские) выполняются по схеме прямого усиления. Радиолюбителям можно рекомендовать весьма простые по конструкции, но хорошо работающие приемники прямого усиления с двухгалетным переключателем на три — пять хорошо слышимых станций. На рис. 4-7 в качестве примера приведена схема высокочастотной части такого приемника на транзисторах, а на рис. 4-8 — его конструкция.

Классификация приемников по методу усиления

Классификация приемников по методу усиления сигнала довольно условна. Принято различать приемники прямого усиления, супергетеродинные, регенеративные, сверхрегенеративные и рефлексные. Условность такого разделения состоит в том, что, например, в приемнике прямого усиления может быть применен регенеративный детектор, а в простом супергетеродине возможно рефлексное использование ламп. Сверхрегенеративные детекторы иногда применяют в приемниках прямого усиления на УКВ.

Ниже кратко рассматриваются свойства перечисленных схем и даются рекомендации по их применению.

Приемники прямого усиления имеют один или несколько каскадов усиления сигнала непосредственно на его собственной частоте. При использовании современных ламп с высокой крутизной вполне можно построить приемник для диапазонов средних и длинных волн с системой АРУ, который по качеству нисколько не будет уступать супергетеродину с таким же количеством ламп, а по уровню собственных шумов и точности настройки будет даже несколько превосходить его. Бытующее мнение, что супергетеродин всегда лучше приемника прямого усиления, объясняется тем, что в момент появления супергетеродинов приемники прямого усиления строились на лампах с весьма плохими параметрами, в схемах приемников не применялась отрицательная обратная связь, отсутствовали высокодобротные резонансные системы, ферриты, высокоидентичные сдвоенные и строенные блоки переменных конденсаторов и др., поэтому в то время приемники прямого усиления действительно не могли конкурировать с супергетеродинами.

Когда целесообразно применять схему прямого усиления? Прежде всего при постройке простых ламповых и транзисторных приемников для диапазонов средних и длинных волн, а также приемников с фиксированной настройкой на лампах и транзисторах для приема трех — пяти радиостанций. В высококачественных приемниках оправдано применение отдельного канала по схеме прямого усиления с тремя каскадами УВЧ, диодным детектором и системой АРУ для приема нескольких радиостанций, работающих в диапазонах длинных и средних волн, с фиксированной настройкой на эти станции (так называемый «местный прием»).

К недостаткам схем прямого усиления следует отнести заметную неравномерность усиления на разных диапазонах (усиление уменьшается на более коротких волнах). В то же время неоспоримыми достоинствами схем прямого усиления по сравнению с супер-

гетеродинами являются их простота, высокая стабильность настройки, значительно меньший уровень собственных шумов и отсутствие паразитных каналов для проникновения помехи («зеркальные» помехи и помехи на частоте, равной промежуточной).

В супергетеродинных приемниках основное усиление сигнала ведется не на принимаемой частоте, а на специально выбранной промежуточной частоте, значение которой остается постоянным независимо от того, на какой частоте ведется прием. Это позволяет сравнительно легко обеспечить высокие чувствительность и избирательность приемника на всех диапазонах, включая коротковолновый и УКВ, что практически невозможно в приемниках прямого усиления. Супергетеродинные приемники нашли самое широкое распространение. Все приемники, выпускаемые промышленностью (за очень редкими исключениями), собраны по супергетеродинной схеме.

Обязательными элементами супергетеродина являются смеситель и гетеродин, служащие для преобразования сигналов принимаемой частоты в сигналы промежуточной частоты, усилитель промежуточной частоты и детектор. Супергетеродин может иметь не один, а несколько каскадов УПЧ и один или несколько каскадов усиления сигналов принимаемой частоты до преобразователя. Сам преобразователь может быть либо одноламповым, либо содержать две и более ламп. В высококачественных приемниках в супергетеродине может быть ряд вспомогательных ламп (автоподстройка частоты гетеродина, усиленная АРУ и др.).

К недостаткам супергетеродинных приемников в первую очередь нужно отнести повышенный уровень шумов, создаваемых многосеточной лампой преобразователя, и наличие специфических каналов, через которые на вход приемника вместе с полезным сигналом может проникать сигнал помехи. Кроме того, в супергетеродинах часто наблюдаются различные интерференционные помехи, проявляющиеся в виде свистов.

Регенеративными называют приемники, в высокочастотной части которых для повышения чувствительности и избирательности применена весьма сильная положительная обратная связь, доводящая приемник почти до порога самовозбуждения. В этом режиме резко сужается полоса пропускания за счет многократного возрастания добротности резонансной системы и в несколько десятков раз возрастает чувствительность. Чаще всего регенерацию осуществляют в детекторном каскаде, который в этих случаях выполняют по схеме сеточного детектирования.

Регенеративные приемники позволяют получить большие чувствительность и избирательность при малом числе ламп, поэтому чаще всего регенерацию применяют в малоламповых приемниках прямого усиления.

К недостаткам регенеративных приемников относятся большая нестабильность усиления, склонность к самовозбуждению, а также невозможность получения достаточной полосы пропускания для воспроизведения музыкальных передач. Все это значительно сужает возможности использования регенеративных приемников в радиолюбительской практике.

Рефлексные схемы — это схемы с многократным (чаще всего двукратным) использованием ламп. Рефлексные схемы применяют с целью предельного сокращения количества ламп в приемнике. Наиболее частым случаем можно считать использование лампы усилителя ПЧ в качестве предварительного усиления НЧ. Принципи-

альная схема такого рефлексного каскада приведена на рис. 4-9. Несмотря на заманчивость идеи сокращения числа ламп путем их рефлексного использования, мы не рекомендуем радиолюбителям увлекаться рефлексными схемами, поскольку незначительная эконо-

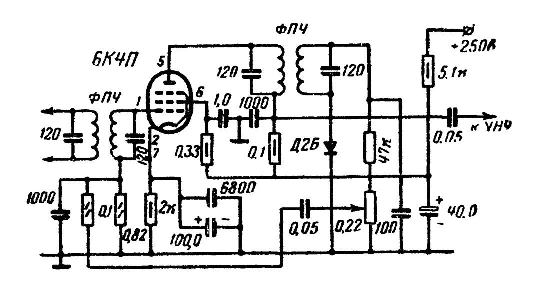


Рис. 4-9. Схема рефлексного каскада.

мия при постройке приемника не оправдывает ухудшения его параметров и усложнения регулировки и настройки.

Приемники прямого усиления

Основная группа приемников прямого усиления рассчитана на прием радиостанций в диапазонах средних и длинных волн. Эти приемники целесообразно делать двухкаскадными на лампах 6К4П с

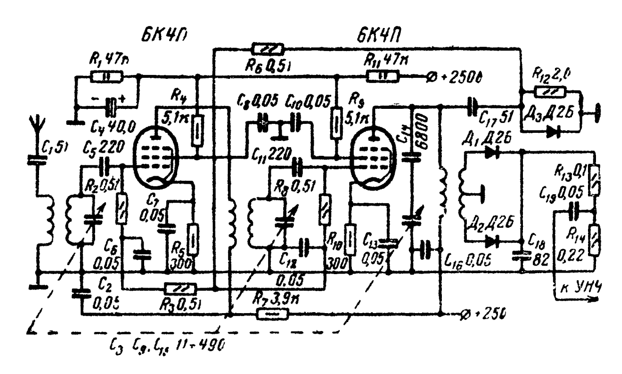


Рис. 4-10. Схема приемника прямого усиления (без УНЧ).

двухполупериодным детектором на полупроводниковых диодах и системой АРУ. Схема такого приемника приведена на рис. 4-10. Применение двухполупериодного детектора на диодах $Д_1$ и $Д_2$ позволяет получить больший коэффициент передачи детектора, а также использовать блокировочный конденсатор C_{18} меньшей емкости, что

несколько расширяет полосу пропускания детектора в сторону высоких частот. Делать двухкаскадные приемники с плавной настройкой на транзисторах нецелесообразно из-за низкой чувствительности, а при трех каскадах требуется счетверенный блок переменных конденсаторов и значительно усложняется настройка приемника.

Вторая группа приемников прямого усиления — приемники, рассчитанные на фиксированный прием нескольких заранее выбранных станций. Эти приемники целесообразно делать трехкаскадными на транзисторах с диодным детектором и системой АРУ.

И, наконец, миниатюрные транзисторные приемники без сдвоенного блока переменных конденсаторов имеет смысл делать с апериодическим усилителем высокой частоты и сверхрегенеративным «сеточным» детектором на транзисторе.

Выбор типов ламп и транзисторов для приемников прямого усиления. Для этой цели принципиально пригодны любой маломощный пентод и большинство транзисторов. Тем не менее можно дать следующий совет: для двухкаскадных ламповых приемников (каскад УВЧ и детектор) с плавной настройкой лучше применить лампы 6Ж1П, а детектор собрать по сеточной схеме. В этом случае благодаря большой крутизне ламп можно получить достаточное усиление для приема удаленных маломощных станций.

Лампу 6Ж1П во всех случаях можно заменить пентодной частью лампы 6Ф1П; триодная часть последней может быть использована в других каскадах приемника, например в УНЧ.

Для малогабаритных конструкций можно применять сверхминиатюрные лампы типов 6Ж1Б, 6Ж5Б, 6Ж10Б.

Из широко распространенных высокочастотных транзисторов целесообразно применять наиболее дешевые: П401 или П402. Использование более дорогих транзисторов (П403, П416, П411А и др.) практически не даст никакого улучшения работы приемника в диапазонах средних и длинных волн.

Выбор типа резонансной системы для приемника прямого усиления довольно труден, поскольку получение хорошей избирательности и необходимой полосы пропускания в диапазонах средних и длинных волн достигается только при применении полосовых фильтров. Но в этом случае даже для простейшего двухкаскадного приемника потребуется счетверенный блок переменных конденсаторов. Из этих соображений схема с полосовыми фильтрами для приемников с плавной настройкой отпадает. Остается схема с одиночными контурами в каждом каскаде, причем при низкой добротности контуров приемник будет иметь низкую избирательность. При чрезмерно высокой добротности полоса пропускания приемника по высокой частоте окажется такой, что выделенный детектором низкочастотный сигнал совершенно не будет содержать высших звуковых частот.

Практически целесообразно применять высокодобротные контуры, а в случае необходимости расширения полосы пропускания шунтировать контуры резисторами.

Резонансные системы для приемников с фиксированной настройкой, напротив, целесообразно выполнять на полосовых фильтрах. При этом можно получить практически идеальную форму частотной характеристики УВЧ, полностью использовать всю рабочую полосу частот принимаемой станции (не опасаясь помех от соседних станций) и, кроме того, оказывается решенным вопрос о связях между каскадами. Правильный выбор коэффициента связи между катуш-

ками полосовых фильтров позволяет получить кривую верности, равномерную во всем диапазоне модулирующих частот.

Если же при двух или более полосовых фильтрах в характеристике УВЧ оказывается характерный провал на средней частоте, можно один из контуров сделать одиночным и настроить его на частоту провала характеристики.

Выбор способа связи между каскадами определяется следующими соображениями. Самым простым видом связи является емкостная связь, при которой контуры имеют простейшую конструкцию, а степень связи определяется исключительно емкостью конденсатора связи. Однако такая связь имеет существенный недостаток — изменение коэффициента связи при перестройке приемника. Это приводит к большой неравномерности усиления по диапазону, поэтому в приемниках с плавной настройкой емкостная связь не рекомендуется.

При простой трансформаторной связи также имеет место неравномерность коэффициента передачи при изменении частоты, однако эта неравномерность имеет противоположный знак и несколько меньше по абсолютной величине. Это позволяет применять простую трансформаторную связь в диапазоне длинных волн. В диапазоне средних волн для повышения равномерности усиления по диапазону лучше всего применять при плавной настройке комбинированную индуктивно-емкостную связь.

В приемниках с фиксированной настройкой во всех случаях, кроме случая использования полосовых фильтров, нужно применять емкостную связь как наиболее простую, так как при фиксированной настройке недостаток этого вида связи не имеет значения.

Детектирование сигнала в приемниках прямого усиления может быть осуществлено различными способами. Наиболее распространено сеточное, анодное и диодное детектирование.

Сеточный детектор, схема которого приведена на рис. 4-11, представляет собой по существу сочетание детектора и усилителя, поскольку благодаря усилительным свойствам лампы выделенный в ее анодной цепи сигнал низкой частоты превышает по величине сигнал, подводимый к ее сетке. Не рассматривая физических процессов сеточного детектирования, укажем лишь достоинства и недостатки этой схемы и область ее применения. Прежде всего сеточный детектор начинает работать уже при подводимом напряжении порядка сотых долей вольта, что позволяет применять его в приемниках с небольшим усилением по высокой частоте. В то же время при напряжениях на входе порядка 1 *в* детектор начинает вносить довольно большие искажения. Кроме того, специфика работы сеточного детектора не позволяет устанавливать начальное отрицательное напряжение на его управляющей сетке, в результате чего этот каскад в режиме усиления низкочастотных сигналов создает дополнительные нелинейные искажения.

Указанные свойства делают сеточный детектор применимым лишь в малоламповых приемниках с незначительным усилением по высокой частоте, давая в этом случае заметный выигрыш по усилению. В одно- и двухламповых приемниках целесообразно применять сеточный регенеративный детектор с положительной обратной связью, что может дать еще двух — четырехкратный выигрыш в чувствительности.

Анодный детектор, схема которого изображена на рис. 4-12, также собирают на триоде или пентоде. При анодном де-

тектировании, так же как и при сеточном, происходит одновременное усиление низкочастотного сигнала. К достоинствам анодного детектора относится ничтожное затухание, которое он вносит в сеточный контур. Анодный детектор удовлетворительно работает при напряжениях на входе свыше 0,1—0,2 *в*, следовательно его чувстви-

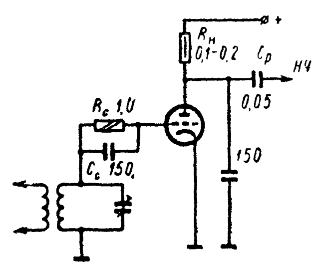


Рис. 4-11. Схема сеточного детектора на триоде.

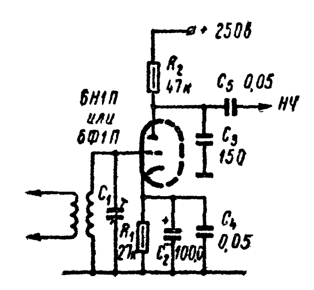
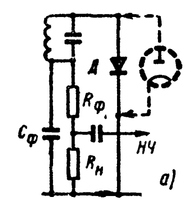


Рис. 4-12. Схема анодного детектора на триоде.

тельность несколько хуже, чем у сеточного детектора. Область применения та же, что и у сеточного детектора.

Диодный детектор в отличие от сеточного и анодного не усиливает детектируемых колебаний. Более того, этот детектор удовлетворительно работает лишь при больших (порядка единиц и десятков вольт) подводимых сигналов высокой частоты, что делает его совершенно неприемлемым в малоламповых приемниках прямого усиления. В то же время диодный детектор имеет явное и неоспоримое преимущество перед всеми остальными видами



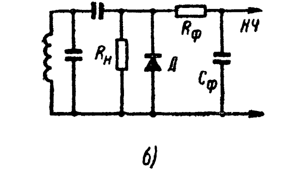


Рис. 4-13. Схемы диодных детекторов.

а — последовательная; *б* — параллельная.

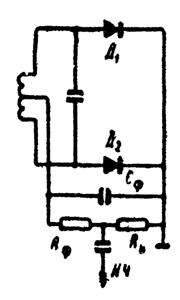


Рис. 4-14. Схема двухполупериодного диодного детектора.

детекторов. Его детекторная характеристика линейна в очень большом диапазоне амплитуд, что практически не вызывает искажения сигнала при приеме мощных близко расположенных радиостанций.

Типовые схемы диодных детекторов приведены на рис. 4-13. Диодный детектор находит широкое применение в супергетеродинных приемниках, однако можно рекомендовать применение его и в приемниках прямого усиления при трех и более каскадах УВЧ, обе-

спечивающих подведение к детектору высокочастотного сигнала напряжением более 0,5 *в*. Помимо этого, диодное детектирование применяют в системах АРУ.

Двухполупериодный диодный детектор, схема которого приведена на рис. 4-14, отличается от однополупериодного, во-первых, бо́льшим коэффициентом передачи напряжения, во-вторых, тем, что частота высокочастотной составляющей на его выходе вдвое выше, чем при однополупериодном детектировании. Это позволяет применить при той же степени фильтрации на выходе детектора блокировочный конденсатор вдвое меньшей емкости, что в свою очередь уменьшает степень завала наиболее высоких модулирующих частот. Двухполупериодный детектор выгодно применять во всех случаях диодного детектирования, если соответствующее удорожание аппарата и усложнение его схемы несущественны.

Супергетеродинные приемники

Входные цепи супергетеродинных приемников по своему назначению и построению мало отличаются от аналогичных цепей приемников прямого усиления. Основное их отличие определяется тем, что в супергетеродине перед входными цепями не ставится задача обеспечения достаточной избирательности по соседнему каналу, поскольку эту функцию выполняет УПЧ. Это позволяет применять на диапазонах длинных и коротких волн контуры с разной добротностью.

В зависимости от способа связи с антенной входные контуры могут представлять собой либо одиночную катушку, либо высокочастотный трансформатор или автотрансформатор, либо, наконец, полосовой фильтр. Выбор типа входной цепи зависит от назначения и класса приемника, диапазона волн и других факторов, которые рассматриваются ниже.

Связь входного контура приемника с антенной может быть емкостной, индуктивной и комбинированной. Емкостную связь из-за большой неравномерности коэффициента передачи по диапазону целесообразно применять лишь в приемниках с фиксированной настройкой и в наиболее дешевых приемниках. Кроме того, применение емкостной связи с антенной делает практически невозможной достоверную градуировку шкалы из-за сильного влияния параметров антенны на входной контур.

В любительских условиях в большинстве случаев целесообразно применять трансформаторную или автотрансформаторную связь входного контура с антенной, а при особо жестких требованиях к равномерности коэффициента передачи в пределах диапазона — комбинированную трансформаторно-емкостную связь.

В некоторых случаях для расширения полосы пропускания на длинных и средних волнах во входной цепи супергетеродинных приемников применяют систему полосовых фильтров, однако это вызывает необходимость применения дополнительной секции в блоке переменных конденсаторов настройки.

Фильтр-пробка, настроенный на частоту, равную промежуточной, является обязательным элементом входных цепей любого супергетеродинного приемника. Этот фильтр предотвращает проникновение в приемник помех на промежуточной частоте. Без этого фильтра сигнал с частотой, равной промежуточной, усиливался бы супергете-

родином по принципу прямого усиления, поскольку основное усиление в супергетеродине ведется на промежуточной частоте, а преобразовательный каскад в этом случае работал бы как обычный усилитель высокой частоты.

Все типы фильтров-пробок работают по принципу переменного реактивного сопротивления, причем реактивное сопротивление фильтра на частоте, равной промежуточной, либо максимально (при последовательном включении фильтра в цепь прохождения сигнала), либо минимально (при параллельном включении фильтра). Типовые схемы фильтров-пробок приведены на рис. 4-15.

Резонансный усилитель высокой частоты супергетеродинного приемника не отличается от такого же усилителя приемника прямого

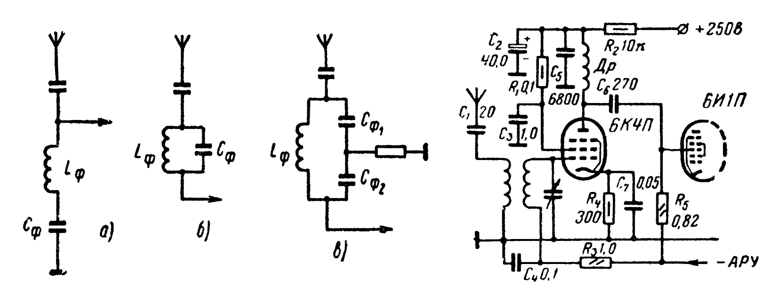


Рис. 4-15. Схемы фильтров-пробок на входе супергетеродина.

а — параллельная схема; *б* и *в* — последовательные схемы.

Рис. 4-16. Схема каскада УВЧ с апериодической нагрузкой.

усиления. Иногда для экономии одной секции блока переменных конденсаторов УВЧ в супергетеродинах выполняют с настраиваемым входным контуром в цепи его управляющей сетки и апериодической дроссельной нагрузкой в анодной цепи. Сигнал с анода такого УВЧ подают на сетку смесительной лампы через конденсатор, а в цепь сетки смесителя вместо контура включают резистор утечки. Такая схема дает выигрыш в отношении собственных шумов и коэффициента усиления; избирательность приемника оказывается такой же, как и при отсутствии УВЧ. На рис. 4-16 приведена такая схема. Ее можно рекомендовать радиолюбителям для повышения чувствительности уже имеющегося самодельного или фабричного приемника 2-го класса путем незначительной переделки.

Выбор типов ламп и транзисторов для УВЧ определяется диапазоном рабочих частот УВЧ и допустимым уровнем собственных шумов.

Для диапазонов длинных, средних и коротких волн наиболее подходят лампы 6К4П и 6Ж1П. Первую из них применяют, когда каскад УВЧ охвачен действием системы АРУ.

Если УВЧ работает только на коротких волнах, можно применить лампы с высокой крутизной и малой величиной шумового сопротивления. Наиболее подходит для этой цели пальчиковая лампа 6Ж9П.

В диапазоне УКВ усилитель ВЧ, как правило, собирают на триоде. Чаще всего для этого используют половину двойного триода 6Н3П, 6Н14П или триодную часть лампы 6Ф1П.

В каскаде УВЧ транзисторных приемников, работающих в диапазонах средних и длинных волн, обычно применяют транзисторы П401 и П402. Для диапазона коротких волн нужно применять транзисторы П403 А и П415 и П416, а для диапазона УКВ — транзисторы П410, П411 и ГТ313.

Для УВЧ нужно отбирать транзисторы с минимальным уровнем собственных шумов.

Преобразователи частоты в супергетеродинных приемниках могут быть выполнены по различным схемам на одной или нескольких

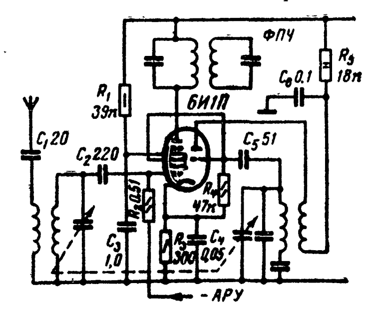


Рис 4-17. Типовая схема преобразовательного каскада.

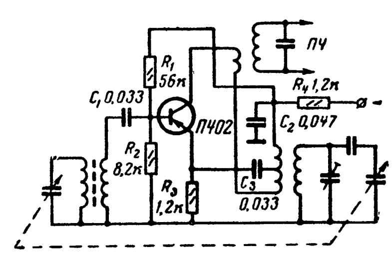


Рис. 4-18. Схема преобразователя частоты на одном транзисторе.

лампах и транзисторах. Наибольшее распространение, однако, в последнее время получила схема преобразователя на сдвоенной лампе — триод-гептоде 6И1П, приведенная на рис. 4-17. Триодная часть лампы работает в качестве гетеродина, гептодная — как двухсеточный смеситель. Приведенная схема может быть использована во всех любительских приемниках.

Поскольку приведенная схема удовлетворяет всем требованиям, другие схемы в настоящее время в промышленной аппаратуре не применяются. Радиолюбителям мы также не рекомендуем применять другие схемы и типы ламп.

Преобразователи частоты на одном транзисторе применяются в большинстве транзисторных приемников на диапазонах длинных и средних волн. Для этой цели пригодны транзисторы П402, П403, а также любые другие с большей верхней граничной частотой. Типовая схема такого преобразователя приведена на рис. 4-18. При наличии в приемнике диапазонов коротких волн лучше применить схему с отдельным гетеродином, один из вариантов которой приведен на рис. 4-19. В этой схеме необходимо использовать только высокочастотные транзисторы (П403А, П414, П416 и им подобные).

Отдельный гетеродин применяют обычно лишь в приемниках, работающих в основном на коротких волнах, а также в приемниках высшего класса с дистанционным управлением или автоподстройкой гетеродина. Смысл применения отдельной лампы для гетеродина состоит в том, чтобы обеспечить минимальное влияние

смесителя на частоту гетеродина и создать вокруг лампы гетеродина свой «микроклимат», препятствующий изменению параметров генерируемых колебаний при изменении окружающих условий.

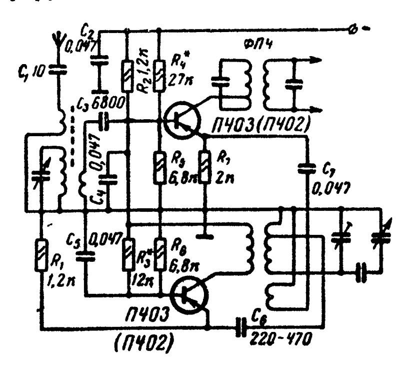


Рис. 4-19. Схема преобразователя частоты на транзисторах с отдельным гетеродином.

Применение отдельной лампы в гетеродине почти всегда сопровождается введением в схему питания гетеродина стабилитрона и бареттера для стабилизации его режима при изменении напряжения питающей сети.

Если радиолюбитель захочет собрать преобразователь с отдельным гетеродином, то наиболее целесообразно остановиться на схеме, в которой используется триод-пентод 6Ф1П. В этом случае гетеродин получается даже не на одной, а на двух отдельных лампах (в одном баллоне). На пентодной части лампы 6Ф1П собирается собственно гетеродин, а триодная часть используется либо в схеме автоподстройки частоты, либо как буферная лампа. Применение буферной лампы полностью исключает обратную реакцию смесителя на гетеродин, разгружает контур гетеродина и позволяет очень легко подобрать

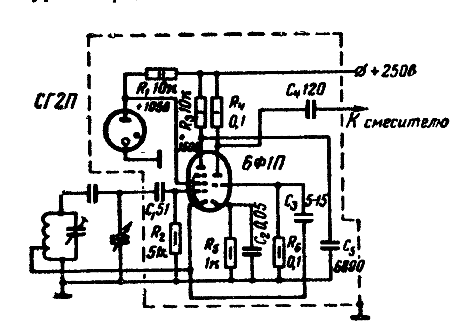


Рис. 4-20. Схема отдельного гетеродина с буферным каскадом.

необходимую амплитуду колебаний. Схема такого гетеродина приведена на рис. 4-20.

Для повышения температурной стабильности частоты гетеродина каркас контура необходимо изготавливать из материала с низкой теплопроводностью, а сам контур размещать вдали от излучающих тепло деталей и ламп. Кроме того, в контуре гетеродина нужно применять конденсаторы с нулевым и отрицательным температурными коэффициентами.

П р е о б р а з о в а т е л и   ч а с т о т ы   д л я   У К В   д и а п а з о н а существенно отличаются от преобразователей для длинных, средних и коротких волн, поэтому обычно для УКВ диапазона применяют отдельный преобразователь, собранный на самостоятельных лампах. Чаще всего такой преобразователь работает на двойном триоде 6Н3П, причем одна половина лампы используется как УВЧ, а на второй половине собирают односеточный преобразователь. Для предотвращения самовозбуждения из-за большой проходной емкости триодов применяют нейтрализацию путем выполнения схемы в виде сбалансированного моста.

На рис. 4-21 приведена схема УКВ преобразователя, который можно рекомендовать радиолюбителям.

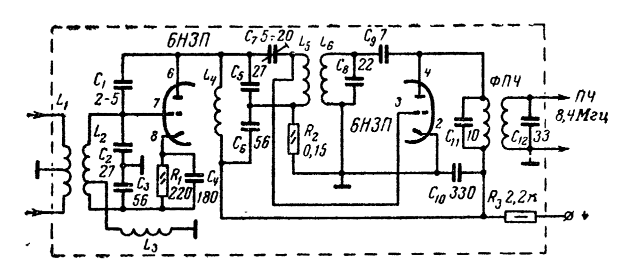


Рис. 4-21. Схема УКВ--ЧМ преобразователя.

Н а с т р о й к у   к о н т у р о в   п р е с е л е к т о р а лучше всего производить с помощью генератора стандартных сигналов ГСС-6 и лампового вольтметра постоянного или переменного тока. Вольтметром постоянного тока измеряют напряжение на нагрузке детектора, а вольтметром переменного тока — модулирующее напряжение в любой точке схемы после детектора (можно мерить непосредственно на громкоговорителе).

Если приемник имеет стандартную градуированную шкалу, то прежде всего блок конденсаторов настройки устанавливают в такое положение, при котором стрелка совпадает с последним делением шкалы со стороны более низких частот данного диапазона. Сигнал от ГСС-6 подводят к сетке смесителя через конденсатор емкостью в несколько тысяч пикофард и, вращая сердечник контура гетеродина, изменяют его индуктивность до появления сигнала на выходе УПЧ. Точной настройке соответствует максимальный сигнал на выходе; при этом поворот сердечника как в одну, так и в другую сторону должен вызывать расстройку контура. Если максимальный сигнал получается при полностью ввернутом или полностью вывернутом сердечнике, необходимо изменить число витков катушки контура гетеродина так, чтобы точная настройка получалась при среднем положении сердечника. После этого стрелку переводят на другое крайнее деление шкалы и вновь настраивают контур гетеродина, но теперь уже с помощью подстроечного конденсатора, включенного параллельно контуру этого диапазона. Критерием правильной настройки служит также наибольший сигнал на выходе УПЧ.

После настройки подстроечным конденсатором необходимо вновь перестроиться на низкочастотный конец диапазона и снова подстроить

сердечник в катушке гетеродина, так как его настройка изменилась при вращении подстроечного конденсатора, а затем еще раз подстроиться с помощью подстроечного конденсатора на высокочастотном конце диапазона. После этого проверяют совпадение настроек на остальных градуированных делениях шкалы, причем допустимым считают расхождение настроек на свыше 10%.

После настройки контура гетеродина уменьшают емкость между выходом ГСС-6 и сеткой смесителя с нескольких тысяч до 2—3 *пф* (на коротковолновых диапазонах) или 10—15 *пф* (на средне- и длинноволновых диапазонах) и по такой же точно методике настраивают входной контур этого диапазона. Если в приемнике есть резонансный усилитель высокой частоты, то после настройки контура смесителя сигнал от ГСС подают на антенный вход и аналогично настраивают входной контур. Во всех случаях окончательную подстройку данного диапазона производят, подав сигнал от ГСС-6 на антенный вход приемника через эквивалент антенны.

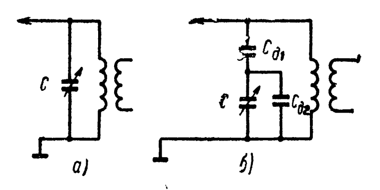


Рис. 4-22. Схемы «растянутой» настройки.

а — включение переменного конденсатора настройки на «обзорном» диапазоне; *б* — включение того же конденсатора на растянутом диапазоне.

Растягивание коротковолновых диапазонов осуществляют для повышения удобства и увеличения точности настройки на этих диапазонах. Смысл растягивания состоит в том, что наиболее загруженные вещательными станциями участки диапазона (49, 41, 31 и 25 *м*) «растягивают» на всю длину шкалы, в результате чего плотность станций на таком растянутом диапазоне становится незначительной.

Растягивание диапазона осуществляют уменьшением перекрытия блока конденсаторов настройки, для чего обычно увеличивают его начальную и уменьшают конечную емкости. Проще всего такое уменьшение перекрытия можно осуществить с помощью дополнительных конденсаторов постоянной емкости, подключаемых к блоку переменных конденсаторов по схемам на рис. 4-22.

Величины дополнительных конденсаторов подбирают для каждого растянутого поддиапазона в соответствии с его частотными границами.

Основным недостатком системы растянутых диапазонов является необходимость иметь в приемнике несколько коротковолновых диапазонов (обычно от четырех до восьми) вместо одного.

Усилители промежуточной частоты (УПЧ) в супергетеродинных ламповых приемниках обычно имеют один или два каскада резонансного усиления на полосовых фильтрах. В транзисторных приемниках применяют как полосовые усилители, так и апериодические двух- или трехкаскадные усилители с фильтром сосредоточенной селекции на входе. Советуем радиолюбителям применять в своих приемниках одну из типовых схем УПЧ, приводимых ниже.

Схема на рис. 4-23 может быть рекомендована для ламповых приемников средней сложности без диапазона УКВ, а схема на рис. 4-24— для приемников с УКВ диапазоном. В последней схеме в анод-

ную цепь ламп смесителя и УПЧ включено последовательно по два полосовых фильтра, один из которых настроен на промежуточную частоту канала АМ, а другой — на промежуточную частоту канала ЧМ. Поскольку значения промежуточных частот этих двух каналов разнятся обычно более чем в 10 раз, такое включение возможно и позволяет обойтись без отдельного канала УПЧ для диапазона УКВ.

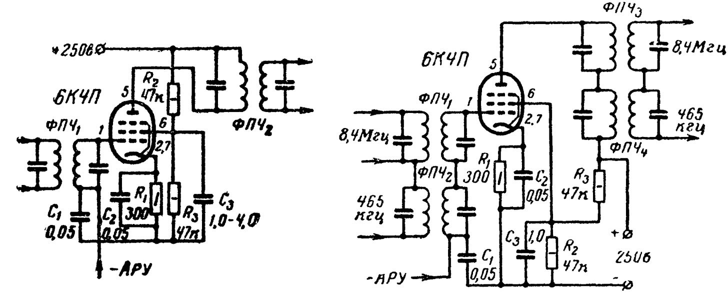


Рис. 4-23. Схема лампового каскада УПЧ на одну рабочую частоту.

Рис. 4-24. Схема лампового каскада УПЧ на две рабочие частоты.

Аналогичная схема используется и в высококачественных приемниках, с той разницей, что УПЧ делают не одно-, а двухкаскадным (второй каскад полностью аналогичен первому).

Принципиально безразлично, в какой последовательности включать в анодную и сеточную цепи ламп полосовые фильтры ПЧ, однако можно рекомендовать при постройке комбинированных УПЧ первым включать в цепь анода и цепь сетки лампы контур канала ЧМ, настроенный всегда на более высокую частоту. В этом случае сигнальные цепи усилителя промежуточной частоты канала УКВ — ЧМ оказываются более короткими и уменьшается опасность самовозбуждения усилителя ПЧ.

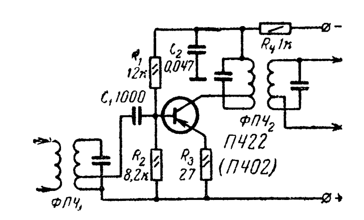


Рис. 4-25. Схема каскада УПЧ с полосовым фильтром на транзисторе.

В случае применения в приемнике дополнительного каскада УПЧ в цепи, усиленной АРУ, сигнал на сетку лампы дополнительного каскада рекомендуется снимать не с выхода общего УПЧ, а с контура предпоследнего каскада (т. е. соединять параллельно управляющие сетки ламп дополнительного каскада УПЧ и последнего каскада основного УПЧ).

В транзисторных приемниках УПЧ, как уже указывалось, можно выполнять либо по схеме, аналогичной ламповой, либо по схеме с фильтром сосредоточенной селекции (ФСС). Возможный вариант первой схемы приведен на рис. 4-25, а второй — на рис. 4-26.

Достоинства первой схемы — простота настройки и более высокая, чем у второй схемы, стабильность. Недостатки — сильная зависимость частотной характеристики УПЧ от величины сигнала и сравнительно небольшое усиление при одинаковом числе транзисторов.

Схема с фильтром сосредоточенной селекции (рис. 4-26) несколько сложнее в регулировке, содержит обычно большое количество контуров, но зато форма частотной характеристики УПЧ гораздо меньше изменяется при изменении уровня сигнала и, кроме того, в этой схеме можно получить больший коэффициент усиления за счет применения нейтрализации в последнем каскаде.

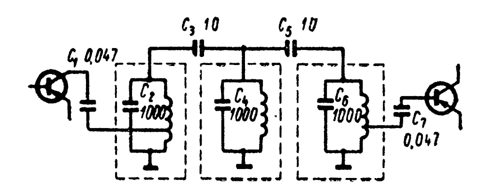


Рис. 4-26. Схема трехзвенного ФСС.

Общая особенность УПЧ на транзисторах состоит в том, что благодаря низким входным сопротивлениям транзисторов непосредственное включение контуров ПЧ в цепь коллектора и базы оказывается невозможным (из-за недопустимого шунтирования контуров ПЧ). Поэтому во всех схемах транзисторных УПЧ транзистор подключают к небольшой части витков контура.

Вторая особенность состоит в трудности получения эффективно действующей системы АРУ, поэтому для транзисторных приемников применяют специальные схемы АРУ и УПЧ, которые будут более подробно рассмотрены ниже.

При применении в транзисторных приемниках самодельных контуров ПЧ рекомендуется подключать транзистор не более чем к четверти витков катушки контура.

Выбор значения промежуточной частоты для вещательных приемников весьма ограничен по ряду соображений, основным из которых является занятость вещательных диапазонов. По специальным международным соглашениям в настоящее время принято несколько стандартных значений таких частот: 110 или 112, от 460 до 470 и 1 600 *кгц*. У нас в СССР наиболее распространенными являются частоты 110 и 465 *кгц*. Первую из них целесообразно применять в приемниках с диапазонами длинных и средних волн 3-го и 4-го классов, так как на низкой частоте проще получить больший коэффициент усиления. Частоту 465 *кгц* применяют для всеволновых приемников, так как при низких значениях ПЧ трудно получить достаточную избирательность по зеркальному каналу на коротковолновых диапазонах. Частота 1 600 *кгц* применяется только в коротковолновых любительских приемниках или в приемниках с двойным преобразованием частоты (в качестве первой промежуточной частоты).

Для диапазонов УКВ при частотной модуляции приняты два стандартных значения ПЧ: 8,4 и 6,5 *Мгц*. В настоящее время перспективной следует считать частоту 6,5 *Мгц*.

Полоса пропускания канала ПЧ зависит от класса приемников и диапазонов принимаемых частот. Так, для простых приемников, работающих в диапазонах средних и длинных волн, полоса пропускания ПЧ лежит в пределах 4,5—5 *кгц*; для высококачественных всеволновых приемников полосу пропускания ПЧ делают переменной, чтобы ее значение можно было изменять в пределах от 4,5 *кгц* (для длинных и средних волн) от 8—12 *кгц* (для коротковолновых диапазонов).

Для УКВ — ЧМ канала полоса пропускания УПЧ должна составлять 300—400 *кгц*.

Выбор ламп и транзисторов для канала УПЧ в значительной степени связан со схемой АРУ. Если в ламповом приемнике каскад УПЧ охвачен действием системы АРУ, то наиболее подходящими следует считать лампы с переменной крутизной (лампы типа «варимю»). Это лампа 6К4П из пальчиковой серии и лампа 6К3 из металлической серии. Если каскад не охвачен действием АРУ, более целесообразно применять лампы с повышенной крутизной (например, 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж9П).

В малоламповых приемниках нередко в качестве усилителя ПЧ применяют гептодную часть лампы 6И1П, используя ее триодную часть в других каскадах приемника.

Из транзисторов наиболее подходящими для работы в каскадах УПЧ следует считать П401, П402 и П422. Разумеется, хорошо будут работать и более высокочастотные транзисторы (например, типов П415, П416 и др.).

Для транзисторных приемников с диапазоном УКВ в канале УПЧ необходимо применять транзисторы, обеспечивающие достаточное усиление на частоте 6,5 *Мгц* (или 8,4 *Мгц*). Наиболее подходящими можно считать транзисторы П410, П411 и ГТ313. Несколько худшие результаты дают транзисторы П415 и П416.

Выбор типов резонансных систем для УПЧ зависит от класса приемника, числа каскадов УПЧ, полосы пропускания, допустимой неравномерности ее, наличия или отсутствия регулировки ширины полосы пропускания и ряда других факторов. Поскольку этот вопрос является большой самостоятельной темой, которой посвящено немало работ, мы приведем здесь лишь несколько чисто практических рекомендаций.

Одиночные контуры в схеме УПЧ следует применять только в фильтрах сосредоточенной селекции и каскадах дополнительных усилителей ПЧ (в схемах усиленной АРУ, автоматической подстройки частоты гетеродина, моторного управления). Во всех остальных случаях лучше применять полосовые фильтры с критической величиной связи между катушками. Трехконтурные, а также различные специальные типы фильтров (К- и М-фильтры, Т-фильтры, и т. п.) в УПЧ вещательных приемников применять не следует.

Полосовые фильтры для схем УПЧ можно свести к следующим типам: фильтры с индуктивной связью, фильтры с емкостной связью, фильтры с переменной полосой пропускания, комбинированные фильтры на две промежуточные частоты и фильтры сосредоточенной селекции. Ниже даются рекомендации по выбору типов фильтров ПЧ.

Фильтры с индуктивной связью наиболее распространены, так как они не требуют дополнительных конденсаторов связи, что очень важно при массовом производстве. В то же время

при индуктивной связи сложно изменять коэффициент связи между катушками, так как для этого одну из катушек необходимо делать подвижной (наматывать на специальной манжетке, надеваемой на каркас общего контура). В промышленной аппаратуре степень связи между катушками устанавливают при разработке аппарата; в приемниках, выпускаемых серийно, связь между катушками не меняют.

В радиолюбительских условиях нужно во всех фильтрах с индуктивной связью одну из катушек делать подвижной. Это позволит при настройке фильтров легко выбрать оптимальную связь между катушками.

В фильтрах для транзисторных приемников необходимо делать дополнительные отводы от $^1/_5$ — $^1/_4$ части витков в каждой из катушек для подключения фильтра к входу и выходу транзистора.

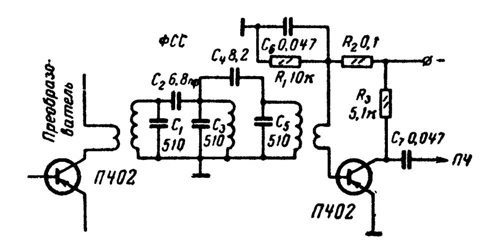


Рис. 4-27. Схема двухкаскадного УПЧ на транзисторах с ФСС.

Фильтры с емкостной связью можно сделать малогабаритными, намотав их катушки в броневых ферритовых сердечниках одножильным проводом. В этом случае достаточная добротность контура обеспечивается высокой магнитной проницаемостью феррита, но связь между катушками контура приходится делать емкостной, так как магнитная связь между броневыми сердечниками весьма мала. Емкостная связь применяется также в случаях соединения двух или большего числа фильтров в один фильтр сосредоточенной селекции, а также при электрическом (а не механическом) способе регулирования полосы пропускания фильтра ПЧ.

Фильтры сосредоточенной селекции (ФСС) целесообразно применять либо в транзисторных приемниках (где это вызывается необходимостью уменьшения влияния АРУ на форму частотной характеристик УПЧ), либо в ламповых приемниках высшего класса, где использование ФСС в анодной цепи смесителя снижает возможность возникновения перекрестной модуляции в первом каскаде УПЧ.

В первом случае чаще всего применяют систему из трех отдельных катушек, каждая из которых должна быть тщательно экранирована, чтобы полностью исключить индуктивную связь между ними. Типовая схема такого фильтра, которую можно рекомендовать радиолюбителям, приведена на рис. 4-27.

Емкость конденсаторов в фильтрах ПЧ следует выбирать с учетом получения неизменной полосы пропускания при смене ламп и наибольшего коэффициента усиления. Емкость контурного конден-

сатора должна быть такой, при которой максимальный разброс входной, выходной и проходной емкостей не превышает при смене ламп 10% номинальной емкости контурного конденсатора.

При емкостной связи емкость контурных конденсаторов нельзя выбирать слишком малой, так как при этом может оказаться, что емкость конденсатора связи будет одного порядка с емкостью монтажа или даже меньше ее, что приведет к значительной потере сигнала на емкостном делителе. Во всех случаях, в том числе в фильтрах сосредоточенной селекции, по этим соображениям недопустимо емкость конденсатора связи брать меньше 5 *пф*.

Все конденсаторы в фильтрах ПЧ должны иметь минимальные потери и нулевой или отрицательный температурный коэффициент емкости. Лучше всего для этой цели применять либо керамические (типов КТК и КДК), либо слюдяные конденсаторы (тип КСО). Недопустимо применять рулонные пленочные конденсаторы (например, типа ПСО), так как они, помимо емкости, имеют еще довольно значительную паразитную индуктивность.

Регулировка полосы пропускания УПЧ чаще всего осуществляется либо плавно путем изменения коэффициента связи между катушками полосовых фильтров, либо скачкообразно путем переключения числа витков специальной дополнительной катушки связи в одном из фильтров ПЧ.

При плавной регулировке связь между катушками можно изменять либо путем поворота одной из катушек относительно другой таким образом, чтобы взаимное расположение их магнитных полей менялось от параллельного (максимальная связь) до перпендикулярного (минимальная связь), либо путем простого изменения расстояния между катушками. При первом способе конструкция фильтра получается несколько сложнее, а при втором увеличивается размер фильтра.

При скачкообразном изменении полосы пропускания отводы от дополнительной катушки связи коммутируются переключателем, платы которого должны быть расположены предельно близко к коммутируемому контуру (во избежание паразитных наводок и обратных связей). Схема каскада УПЧ с регулируемой полосой пропускания приведена на рис. 4-28.

Комбинированные фильтры ПЧ на две частоты применяют в приемниках с диапазоном УКВ для экономии общего числа ламп. В таких приемниках в зависимости от диапазона УПЧ работает либо на частоте 465 *кгц* (средние, длинные и короткие волны), либо на частоте 8,4 или 6,5 *Мгц* (диапазон УКВ) без какой-либо дополнительной коммутации. Это достигается путем последовательного включения в анодные и сеточные цепи ламп УПЧ двух независимых фильтров ПЧ, настроенных соответственно на две промежуточные частоты (см. рис. 4-24).

Конструктивно такие фильтры могут быть как совершенно самостоятельными в собственных экранах, так и комбинированными в общем экране. В промышленных приемниках применяют исключительно комбинированные фильтры. Радиолюбителям следует применять комбинированные фильтры лишь при конструировании малогабаритных компактных приемников. При конструировании настольных приемников лучше применять независимые контуры для высокой и низкой промежуточных частот, так как они проще в изготовлении и обеспечивают минимальные паразитные емкостные и индуктивные связи между катушками разных контуров.

задержки $U_{зад}$ приводит к тому, что при приеме слабых сигналов схема АРУ не работает, обеспечивая максимальное усиление приемника.

Приведенная схема при всей ее простоте отлично работает и поэтому широко применяется в подавляющем большинстве промышленных приемников всех классов. Радиолюбителю также можно рекомендовать эту схему для сетевых приемников всех классов, за исключением коротковолновых, в которых для более эффективной борьбы с глубокими замираниями сигнала целесообразно применять усиленную АРУ.

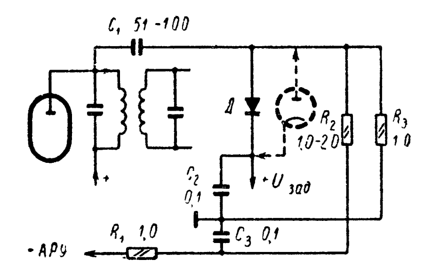


Рис. 4-33. Схема простой задержанной АРУ.

Эффективность приведенной выше схемы АРУ в основном зависит от числа каскадов, охваченных регулировкой. Наибольшее действие система АРУ оказывает, когда регулируются все каскады УПЧ, УВЧ и смеситель. Однако если преобразователь частоты в приемнике выполнен на одной лампе (6А7, 6А8, 6А2П), то лучше эту лампу не охватывать действием системы АРУ, так как изменение режима преобразовательной лампы может повлиять на частоту генерации местного гетеродина, что вызовет расстройку приемника (особенно на коротковолновых диапазонах, где изменение уровня сигнала принимаемой станции может привести к полному пропаданию приема вследствие расстройки гетеродина).

В приемниках 1-го класса глубина регулировки оказывается достаточной и без регулирования смесителя. В остальных приемниках удовлетворительная работа системы АРУ получается только при регулировании как лампы УПЧ, так и лампы смесителя.

Простая АРУ без задержки отличается тем, что начинает работать при любом уровне принимаемого сигнала, в результате чего происходит ослабление приема не только мощных, но и самых слабых радиостанций. Поскольку упрощение и удешевление приемника, вызванные исключением из схемы АРУ элементов задержки, ничтожны, мы не рекомендуем радиолюбителям применять такую схему даже в самых простых приемниках.

Усиленная АРУ позволяет получить практически любую эффективность регулировки и применяется обычно либо в наиболее дорогих приемниках 1-го класса, либо в специальных коротковолновых приемниках.

При усиленной АРУ сигнал для системы АРУ дополнительно усиливается либо до детектирования (по промежуточной частоте), либо после детектирования (по постоянному току). Принципиально безразлично, где именно производить дополнительное усиление, однако обычно в ламповых приемниках применяют первый способ, а в транзисторных — второй.

Типовая схема усиленной АРУ с дополнительным усилением по ПЧ приведена на рис. 4-34. Дополнительный контур ПЧ настраивается на среднее значение промежуточной частоты.

ся коэффициент усиления УПЧ, но полоса его пропускания несколько расширяется.

Детектирование сигнала в супергетеродинных приемниках принципиально может осуществляться по любой схеме, описанной в разделе о приемниках прямого усиления, однако на практике в супергетеродинах применяют исключительно диодные детекторы, обеспечивающие наименьшие искажения детектируемого сигнала. Что же касается основного недостатка диодного детектора — больших нелинейных искажений при детектировании очень слабых сигналов, то он не имеет существенного значения, поскольку нормальное напряжение на выходе УПЧ любого супергетеродинного приемника обычно превышает 1 *в*.

Принципиально диодный детектор может быть выполнен как по параллельной, так и по последовательной схеме, однако в подавляющем большинстве случаев детектор сигнала делают по последовательной схеме, а детектор системы АРУ — по параллельной.

На схеме на рис. 4-13, *а* приведен типичный диодный детектор. В качестве детекторного элемента здесь может быть применен как ламповый, так и кристаллический диод. С помощью цепочки $R_ф C_ф$ отфильтровывается высокочастотная составляющая продетектированного сигнала. Одновременно резистор $R_ф$ входит в состав делителя низкочастотного сигнала, который снимается со второго плеча делителя (резистор $R_н$) для дальнейшего усиления в канале УНЧ. Применять делитель приходится лишь в ламповых приемниках, где уровень низкочастотного сигнала на входе УНЧ не должен превышать 0,25 *в*. В транзисторных приемниках, где нет необходимости подключать к входу УНЧ звукосниматель, делителя низкочастотного напряжения на выходе детектора не делают.

Частотные детекторы применяют для детектирования сигналов ПЧ ультракоротковолнового канала, на котором вещание ведется с частотной модуляцией. Из разнообразных схем частотных детекторов наибольшее распространение получили дискриминаторы и дробные детекторы (или, иначе, детекторы отношений). Не рассматривая подробно принципа их работы, укажем на основные достоинства и недостатки обеих схем.

Дискриминатор, схема которого приведена на рис. 4-30, легко настраивается даже без приборов на слух, однако он чувствителен к паразитным амплитудным помехам. Это обстоятельство заставляет перед дискриминатором применять дополнительный каскад ограничителя амплитуды высокочастотных колебаний. В свою очередь ограничители хорошо работают лишь при сравнительно большом подводимом сигнале (порядка 1 *в* и более), что вынуждает увеличивать усиление канала ПЧ.

В качестве компромиссного решения иногда применяют вместо амплитудного ограничителя схему усилителя-ограничителя на пентоде с большой крутизной. Такая схема приведена на рис. 4-31. В этом случае ограничитель эффективно работает при меньших значениях подводимого сигнала ПЧ.

Дробный детектор, схема которого приведена на рис. 4-32, не требует ограничителя и имеет сравнительно высокую чувствительность. Для нормальной работы детектора к входу последнего каскада УПЧ достаточно подводить напряжение ПЧ порядка 30—80 *мв*, т. е. в несколько десятков раз меньше, чем нужно для дискриминатора. Это позволяет исключить из схемы УПЧ один каскад усиления. В то же время необходимо отметить, что дробный детектор

несколько сложнее в настройке и имеет значительно меньший, чем у дискриминатора, коэффициент передачи, что существенно снижает выигрыш от его более высокой чувствительности.

Для частотных детекторов нужно отбирать два диода с одинаковыми величинами прямых и обратных сопротивлений и одинаковой крутизной характеристик.

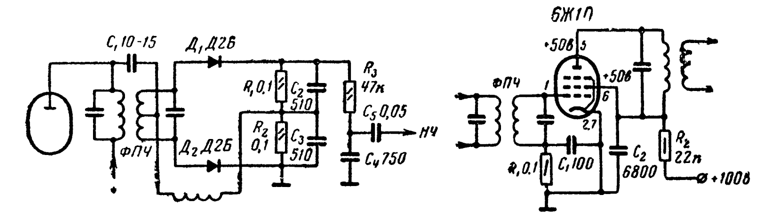


Рис. 4-30. Схема дискриминатора.

Рис. 4-31. Схема усилителя-ограничителя.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) применяется в подавляющем большинстве супергетеродинных приемников. Принцип действия системы АРУ состоит в том, что сигнал на выходе УПЧ детектируется, а выпрямленное напряжение, пропорциональное ве-

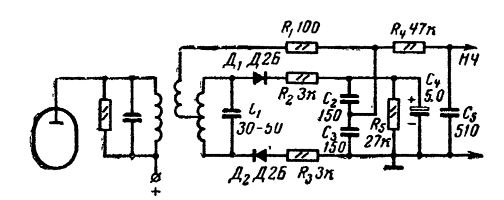


Рис. 4-32. Схема дробного детектора.

личине сигнала ПЧ, подводится в виде напряжения смещения к управляющим сеткам регулируемых ламп УПЧ и УВЧ. В этом случае при увеличении сигнала увеличивается и отрицательное смещение на сетках регулируемых ламп, что приводит к уменьшению коэффициента усиления этих ламп. Таким образом, при действии системы АРУ уровень полезного сигнала на основном детекторе бывает одного порядка при приеме как наиболее мощных местных станций, так и слабых и удаленных.

По существующим для вещательных приемников нормам уровень сигнала на выходе приемника не должен меняться более чем вдвое при изменении сигнала на входе приемника в 350 раз для приемников 3-го класса, в 500 раз для приемников 2-го класса и в 1000 раз для приемников 1-го класса.

Типовая схема простой задержанной АРУ приведена на рис. 4-33. В этой схеме напряжение ПЧ снимается на детектор АРУ через конденсатор C_1 с анода лампы последнего каскада УПЧ. Это делают для того, чтобы более равномерно нагрузить оба контура последнего полосового фильтра УПЧ. Наличие напряжения

задержки $U_{зад}$ приводит к тому, что при приеме слабых сигналов схема АРУ не работает, обеспечивая максимальное усиление приемника.

Приведенная схема при всей ее простоте отлично работает и поэтому широко применяется в подавляющем большинстве промышленных приемников всех классов. Радиолюбителю также можно рекомендовать эту схему для сетевых приемников всех классов, за исключением коротковолновых, в которых для более эффективной борьбы с глубокими замираниями сигнала целесообразно применять усиленную АРУ.

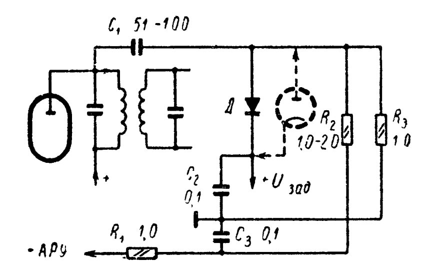


Рис. 4-33. Схема простой задержанной АРУ.

Эффективность приведенной выше схемы АРУ в основном зависит от числа каскадов, охваченных регулировкой. Наибольшее действие система АРУ оказывает, когда регулируются все каскады УПЧ, УВЧ и смеситель. Однако если преобразователь частоты в приемнике выполнен на одной лампе (6А7, 6А8, 6А2П), то лучше эту лампу не охватывать действием системы АРУ, так как изменение режима преобразовательной лампы может повлиять на частоту генерации местного гетеродина, что вызовет расстройку приемника (особенно на коротковолновых диапазонах, где изменение уровня сигнала принимаемой станции может привести к полному пропаданию приема вследствие расстройки гетеродина).

В приемниках 1-го класса глубина регулировки оказывается достаточной и без регулирования смесителя. В остальных приемниках удовлетворительная работа системы АРУ получается только при регулировании как лампы УПЧ, так и лампы смесителя.

Простая АРУ без задержки отличается тем, что начинает работать при любом уровне принимаемого сигнала, в результате чего происходит ослабление приема не только мощных, но и самых слабых радиостанций. Поскольку упрощение и удешевление приемника, вызванные исключением из схемы АРУ элементов задержки, ничтожны, мы не рекомендуем радиолюбителям применять такую схему даже в самых простых приемниках.

Усиленная АРУ позволяет получить практически любую эффективность регулировки и применяется обычно либо в наиболее дорогих приемниках 1-го класса, либо в специальных коротковолновых приемниках.

При усиленной АРУ сигнал для системы АРУ дополнительно усиливается либо до детектирования (по промежуточной частоте), либо после детектирования (по постоянному току). Принципиально безразлично, где именно производить дополнительное усиление, однако обычно в ламповых приемниках применяют первый способ, а в транзисторных — второй.

Типовая схема усиленной АРУ с дополнительным усилением по ПЧ приведена на рис. 4-34. Дополнительный контур ПЧ настраивается на среднее значение промежуточной частоты.

Другой способ повышения эффективности АРУ без применения дополнительных усилителей состоит в использовании в каскаде УПЧ не обычного пентода, а лампы с двойным управлением (например, 6А2П, 6А7 и т. п.). В этом случае каскад УПЧ собирают по схеме (рис. 4-35), в которой напряжение АРУ подается не на одну, а на две управляющие сетки. Такой способ повышает эффективность АРУ более чем в 3 раза.

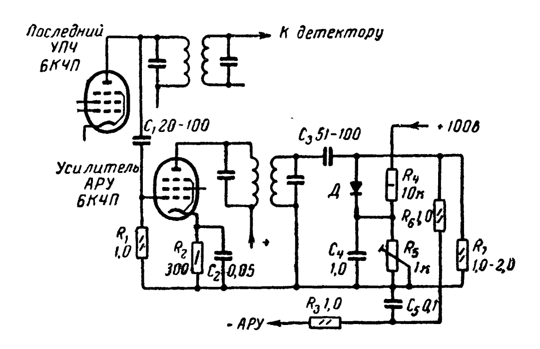


Рис. 4-34. Схема задержанной усиленной АРУ.

Для эффективной работы любой системы АРУ необходимо, чтобы в процессе регулирования напряжение на анодах и особенно на экранирующих сетках регулируемых ламп не изменялось или изменялось весьма незначительно. Достигнуть этого можно, питая цепи экранирующих сеток управляемых ламп либо от отдельного выпрямителя с напряжением 100—150 *в* без гасящих резисторов, либо применяя для питания всех экранирующих сеток общий низкоомный делитель.

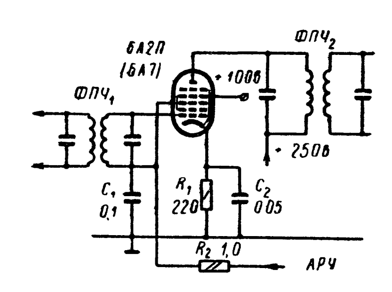


Рис. 4-35. Схема повышения эффективности АРУ.

Применение гасящих резисторов в цепях экранирующих сеток сопротивлением порядка 100 *ком* может снизить эффективность действия системы АРУ в несколько раз.

Эффективная схема усиленной АРУ для транзисторных приемников приведена на рис. 4-36. Здесь дополнительное усиление сигналов регулирования осуществляется по постоянному току с помощью дополнительного транзистора T_4. Эффективность АРУ позволяет использовать эту схему в приемниках с коротковолновыми диапазонами, поэтому она может быть рекомендована радиолюбителям для всеволновых транзисторных приемников.

Фильтрующие звенья в системе управляющего напряжения АРУ выполняют двоякую роль. Во-первых, они являются развязывающими цепочками, предотвращающими паразитную связь между управ-

ляющими сетками разных управляемых ламп, а, во-вторых, благодаря достаточно большой постоянной времени фильтрующих цепочек система АРУ становится нечувствительной к кратковременным импульсным помехам большой величины. Постоянную времени фильтрующих цепей системы АРУ выбирают такой, чтобы система АРУ срабатывала достаточно быстро, но в то же время чтобы при этом не происходило паразитной демодуляции наиболее низких модулирующих частот. Для радиовещательных приемников постоянная вре-

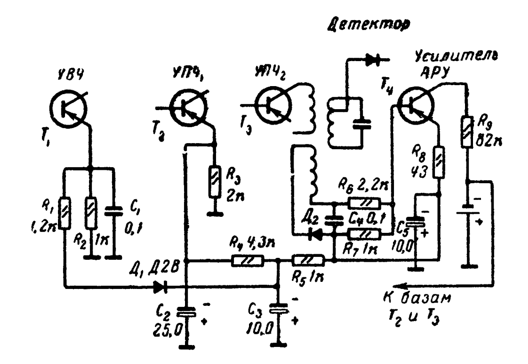


Рис. 4-36. Схема эффективной усиленной АРУ для транзисторных приемников.

мени фильтров АРУ обычно выбирается в пределах от 0,02 до 0,2 *сек.*

Выбор типа детекторного элемента для детектора сигнала и системы АРУ существенного значения не имеет, однако можно привести несколько соображений, которые полезно учитывать. Прежде всего для детекторов сигнала как АМ, так и ЧМ применение ламповых диодов предпочтительнее, чем кристаллических, из-за лучшего отношения прямого и обратного сопротивлений, однако при питании накала лампы диодного детектора переменным током в цепь детектора неизбежно попадает паразитная переменная составляющая с частотой 50 *гц*, которая в ряде случаев делает невозможным снижение уровня собственного фона приемника до необходимого. Поэтому применение ламповых диодов, особенно в приемниках высокого класса, возможно лишь при применении специальных мер борьбы с фоном от цепи накала.

В любительских приемниках лучше применять полупроводниковые диоды, отобрав наилучшие экземпляры диодов по наибольшему отношению обратного и прямого сопротивлений.

Помехи радиоприему и борьба с ними

Ограничение помех применяют в приемниках для того, чтобы снизить их мешающее действие. Основными источниками интенсивных электрических помех в городах являются незащищенные системы распределения в автомобилях и мотоциклах, мощные щеточные электродвигатели, звонки и прерыватели зуммерного типа и др. По-

скольку спектр помех от таких источников очень широк, практически нет возможности избавиться от их влияния избирательно-резонансным методом. Однако поскольку действие таких помех обычно крат-

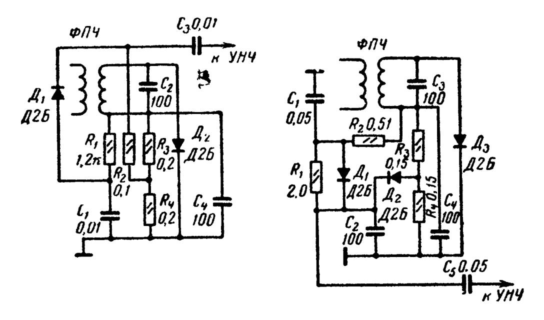


Рис. 4-37. Схемы подавителей импульсных помех.

ковременно, а уровень их значительно превышает уровень полезного сигнала, оказывается возможным значительно ослабить действие помехи путем ограничения амплитуды помехи до уровня полезного сигнала.

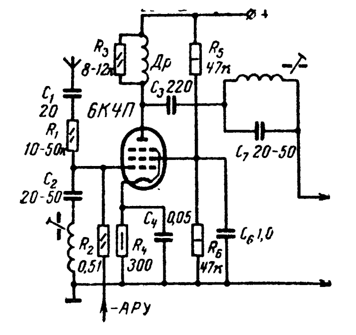


Рис. 4-38. Схема УВЧ с двумя последовательными заграждающими фильтрами.

Существует множество помехоподавителей, действие которых основано на самых различных принципах. Не вдаваясь в анализ таких схем, приведем лишь две простые, но в то же время достаточно эффективно работающие схемы, применение которых оправдано в любительских приемниках (рис. 4-37).

Следует заметить, что любая схема шумоподавителя без дополнительных усилительных элементов несколько ослабляет и полезный сигнал, что надо учитывать при конструировании приемников.

Борьба с помехами от мощных близко расположенных радиовещательных станций должна осуществляться в любительских приемниках путем введения в схему приемника специальных фильтров. Если мешающая станция расположена в непосредственной близости, применения одного фильтра может оказаться недостаточно. В этом случае целесообразно между входом приемника и антенной включить специальный дополнительный каскад на лампе или транзисторе, собранный по апериодической схеме с двумя заграждающими фильтрами (в анодной и сеточной цепях). Фильтры настраиваются на частоту мешающей станции. Схема такого дополнительного каскада приведена на рис. 4-38.

Выбор типа антенны

Вопросу выбора антенны для радиоприемника радиолюбители в большинстве случаев не придают никакого значения, между тем выбор типа антенны и ее параметров играет едва ли не решающую роль для таких важных параметров приемника, как его шумовая чувствительность и стабильность уровня принимаемого сигнала.

Дело в том, что правильный или неправильный выбор антенны для приемника может увеличить или уменьшить полезный сигнал на входе приемника в десятки раз, т. е. по существу оказать такое же действие, как введение в приемник дополнительного каскада УВЧ. И, наоборот, при использовании в качестве антенны куска провода можно свести на нет преимущества дополнительного каскада УВЧ.

В радиолюбительских условиях не представляет никакого труда один раз изготовить хорошую антишумовую наружную антенну, поэтому мы рекомендуем всем радиолюбителям изготовить и установить на крыше дома всенаправленную крестообразную горизонтальную антенну с экранированным снижением и дополнительно направленную антенну типа полуволнового вибратора для приема УКВ—ЧМ вещания.

Затраты времени и средств полностью окупятся резким повышением качества приема и снижением уровня помех.

Внутренние ферритовые антенны широко применяются в переносных транзисторных приемниках, а также во многих моделях настольных приемников. При применении ферритовой антенны сигнал на входе приемника оказывается обычно значительно слабее, чем при обычной внешней антенне, так как действующая высота магнитных антенн невелика.

Для повышения действующей высоты антенны можно рекомендовать вместо одной ферритовой антенны применить две, расположив стержни антенн параллельно, а катушки включить либо последовательно, либо параллельно, соответственно изменив их индуктивность Намотка катушек обеих антенн должна быть согласной.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ТЕЛЕВИЗОРЫ

Классификация телевизоров по качественным показателям

Основой любого телевизора является радиоприемник, принимающий, усиливающий и преобразовывающий электрические сигналы изображения и звука.

Несмотря на некоторые существенные отличия телевизионных приемников от радиовещательных, к ним применимы почти все понятия, определения и соображения, приведенные в гл. 4 «Радиоприемники» В то же время радиоканал телевизионного приемника имеет и ряд особенностей, присущих только ему. Ниже будут рассмотрены эти особенности, а также схемы узлов и блоков, применяющихся только в телевизорах.

Таблица 5-1

Параметр телевизора	Класс телевизора		
	1	2	3
Разрешающая способность (в линиях) по всему полю изображения:			
по горизонтали	500	450	350
по вертикали	550	500	450
Нелинейные искажения растра, % (не более):			
по горизонтали	10	12	15
по вертикали	8	9	12
Геометрические искажения растра, % (не более):			
типа «бочка»	4	6	8
типа «подушка»	4	6	8
типа «трапеция»	1	1,5	2
типа «параллелограмм»	2	3	4
Изменение напряжения сети, %, при котором сохраняется устойчивая синхронизация, %	±10	±10	±10
Изменение величины видеосигнала, при котором сохраняется устойчивая синхронизация, %	±80	±60	±50
Уход нулевой точки характеристики частотного детектора при прогреве, *кгц*	15	20	25
Дистанционное управление громкостью и яркостью	Обязательно		—
Стабилизация размеров изображения	Обязательна		—
Уровень помех в канале звука от сигналов изображения, цепей разверток и источников питания, *дб*	—46	—40	—30

Особое внимание в этой главе уделено тем схемным и конструктивным решениям, которые не применяются в промышленных телевизорах, но которые вполне применимы при конструировании любительских телевизоров.

В основу классификации телевизоров по качеству положено различие размеров изображения, получаемого на экране. Стремление сконструировать предельно дешевый телевизор заставляет применять дешевый кинескоп с меньшим размером экрана. При меньшем размере изображения менее заметны геометрические и нелинейные искажения растра, отпадает необходимость воспроизведения самых мелких деталей изображения, что в свою очередь позволяет существенно упростить схему и конструкцию телевизора.

Кинескопы с большим размером экрана дороги и предъявляют повышенные требования к телевизору в отношении линейности изо-

бражения, правильности воспроизведения полутонов, величине фазовых искажений и др., поскольку на большом экране дефекты изображения значительно заметнее. Поэтому к телевизорам с большими кинескопами предъявляют высокие требования по всем параметрам.

К телевизору 1-го класса относят аппараты, в которых применяют кинескопы с диагональю экрана 53 *см* и выше, ко 2-му классу — телевизоры с диагональю экрана кинескопа 43 и 47 *см* и к 3-му классу — телевизоры с диагональю экрана 35 *см* и менее.

Параметры телевизоров различных классов в соответствии с ГОСТ даны в табл. 5-1. Здесь приведены лишь те параметры, которые мы считаем целесообразным рекомендовать и для любительских телевизоров. Другие же требования, например требование о наличии в любом телевизоре переключателя на 12 каналов, в любительском телевизоре не оправдано. В то же время дистанционное управление, не предусмотренное ГОСТ для телевизоров 3-го класса, может быть применено в любом любительском телевизоре.

Выбор кинескопа

При конструировании любительского телевизора прежде всего нужно решить вопрос о типе кинескопа, поскольку все остальные параметры телевизора, его схема и конструкция будут определяться этим выбором. Выбор кинескопа зависит от назначения телевизора, площади помещения и количества зрителей.

Опыт показывает, что наилучшее восприятие изображения получается в том случае, когда расстояние между экраном телевизора и зрителем лежит в пределах от четырех до шести диагоналей экрана, причем первая цифра выбирается при одном-двух, а вторая — при пяти и более зрителях. Это расстояние является оптимальным потому, что с меньшего расстояния уже отчетливо просматривается строчная структура растра, а при большем расстоянии теряются наиболее мелкие детали изображения.

Таким образом, основой для выбора кинескопа к любительскому телевизору должны служить размер помещения, в котором телевизор будет эксплуатироваться, и количество постоянных зрителей. Радиолюбитель, конечно, может применить кинескоп меньшего размера, однако в этом случае целесообразно и все остальные параметры телевизора выполнять по классу, которому соответствует выбранный кинескоп.

При конструировании переносных ламповых или транзисторных телевизоров нужно исходить в первую очередь из их веса и размера и в соответствии с этим выбирать тип кинескопа.

Телевизоры с кинескопами 53ЛК и 59ЛК всегда выполняются в виде консольных или настольных конструкций и имеют параметры, соответствующие 1-му классу. В таких телевизорах желательно иметь ряд дополнительных устройств и приспособлений, повышающих удобство пользования телевизором и создающих своего рода комфорт. К таким устройствам можно отнести дистанционное управление (лучше всего беспроволочное на основе оптической или ультразвуковой связи), автоматическое выключение по окончании передачи, автоматическую регулировку яркости и контрастности изображения в зависимости от внешней освещенности и др.

Все телевизоры 1-го класса собираются по супергетеродинным схемам. Для любительских конструкций наиболее подходят схемы с

раздельными промежуточными частотами сигналов звука и изображения (так называемые двухканальные схемы). В канале изображения обязательны регулятор четкости, автоматическая регулировка яркости, помехоустойчивая ключевая АРУ.

В блоке разверток должны быть предусмотрены стабилизация размера изображения при изменении напряжения питающей сети и прогреве телевизора и система автоподстройки частоты генераторов строчной и кадровой разверток, предотвращающая срыв синхронизации при переключении программ или наличии помех.

Телевизоры 1-го класса могут собирать только квалифицированные радиолюбители, имеющие достаточный опыт и навыки и располагающие необходимой измерительной аппаратурой.

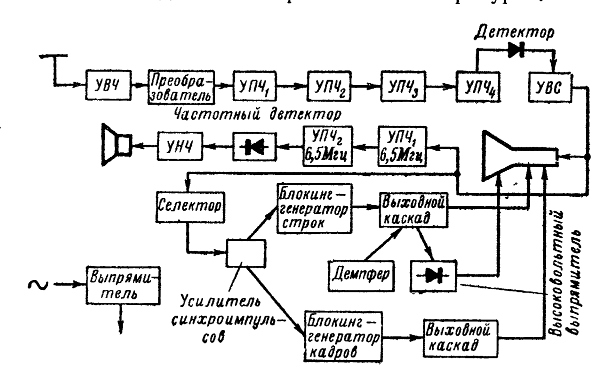


Рис. 5-1. Вариант блок-схемы телевизора 2-го класса.

Телевизоры с кинескопами 43ЛК и 47ЛК обычно собирают по схемам, которые обеспечивают параметры, соответствующие телевизорам 2-го класса. В таких телевизорах могут быть применены почти все усовершенствования, рекомендованные для телевизоров 1-го класса.

Для экономии числа ламп в телевизорах 2-го класса целесообразно применять одноканальную супергетеродинную схему с выделением промежуточной частоты звука в видеодетекторе.

Из автоматических регулировок обязательными являются лишь АРУ и система поддержания среднего уровня яркости при изменении контрастности изображения. Весьма желательно наличие автоподстройки частоты генераторов развертки и стабилизации размеров изображения.

Для удобства пользования телевизором можно применить проводной пульт дистанционного управления яркостью и контрастностью изображения и громкостью звука.

Большинство телевизоров этого класса — настольные. Лишь на кинескопах 43ЛК и 47ЛК с углом отклонения луча 110° можно создать переносные ламповые или транзисторные телевизоры «чемоданного» типа. Одна из характерных блок-схем телевизора этого класса приведена на рис. 5-1.

Телевизоры с кинескопами 31ЛК и 35ЛК целесообразно собирать по еще более простым схемам, содержащим ряд упрощений.

Это хотя и приводит к ухудшению некоторых параметров телевизора, но на качестве изображения отражается незначительно, поскольку при меньшем размере изображения его искажения меньше заметны.

Телевизоры 3-го класса — это обычно одноканальные супергетеродины с уменьшенным числом каскадов УПЧ.

Один из возможных вариантов блок-схемы телевизора приведен на рис. 5-2. Телевизоры 3-го класса, как правило, не содержат никаких автоматических регулировок, кроме простой АРУ.

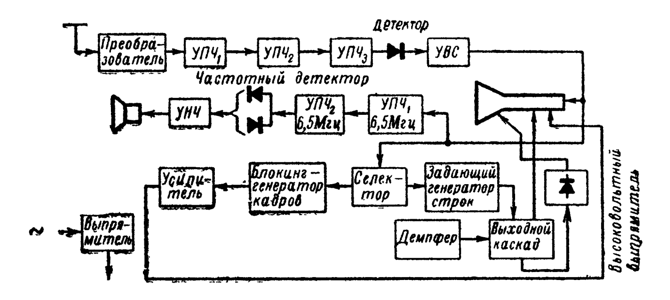


Рис. 5-2. Вариант блок-схемы телевизора 3-го класса.

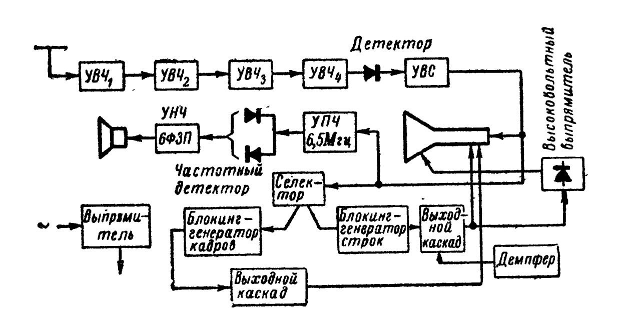


Рис. 5-3. Блок-схема простейшего телевизора с кинескопами 23ЛК и 18ЛК.

Телевизоры с кинескопами 18ЛК и 23ЛК в настоящее время конструировать нецелесообразно, так как эти кинескопы неперспективны и со временем будут сняты с производства. Однако благодаря низкой стоимости этих кинескопов радиолюбители, впервые приступающие к постройке телевизора, могут их применить.

Телевизор должен быть предельно простым по схеме и конструкции, поскольку главное в этом случае не получение высококачественного изображения, а приобретение некоторых навыков в конструировании и налаживании телевизоров.

Телевизор лучше сделать однопрограммным, применив одноканальную схему прямого усиления и простейшие схемы развертки и

синхронизации. Вариант блок-схемы телевизора на кинескопе 18ЛК или 23ЛК приведен на рис. 5-3.

Прямоугольный стеклянный кинескоп типа 23ЛК разработан для телевизоров на транзисторах и в ближайшее время поступит в продажу. Он отличается высокой экономичностью, требует незначительной мощности для отклонения луча и имеет хорошие светотехнические характеристики. Этот кинескоп целесообразно применять в портативных переносных телевизорах как транзисторных, так и ламповых. При использовании ламп телевизор можно собрать по схемам, рекомендованным для телевизоров на кинескопах 18ЛК и 23ЛК или для телевизоров 3-го класса.

Выбор блок-схемы радиоканала

Блок-схема любого телевизора независимо от его сложности, схемных и конструктивных особенностей и класса может быть разбита на несколько блоков, выполняющих одни и те же функции во всех телевизорах. Это: блок радиоканала (представляющий собой собственно приемник сигналов изображения и звукового сопровождения), блок горизонтальной (строчной) развертки, блок вертикальной (кадровой) развертки, блок синхронизации, блок кинескопа и блок питания. Каждый из этих блоков может быть выполнен по самым разнообразным схемам, содержать различное число ламп, транзисторов и полупроводниковых элементов (диодов, варисторов, терморезисторов и др.) и иметь разные параметры.

Блок радиоканала телевизора в общем случае содержит следующие каскады: УВЧ, смеситель, гетеродин, УПЧ канала звука, УПЧ канала изображения, видеодетектор, усилитель сигналов изображения, частотный детектор сигналов звука и УНЧ. Разумеется, в телевизионном приемнике прямого усиления не будет гетеродина, смесителя и УПЧ, а в супергетеродинных приемниках вместо отдельного гетеродина и смесителя может быть общий частотнопреобразовательный каскад. Мы рассмотрим наиболее типичный случай построения схемы радиоканала и дадим рекомендации по выбору числа каскадов и рабочих частот, способам формирования частотной характеристики, получению заданных параметров и т. п.

Число принимаемых программ в значительной мере определяет схему и конструкцию радиоканала телевизора, поэтому мы приведем некоторые соображения по этому вопросу.

В промышленных телевизорах любого класса необходимо предусматривать возможность приема любой из 12 программ, на которых ведется телевизионное вещание в СССР, поскольку телевизоры, приобретаемые в торговой сети, могут быть установлены в любом городе Советского Союза и должны обеспечивать прием той программы, на частоте которой ведется передача в данной местности.

Это обстоятельство обусловило тот факт, что был разработан специальный унифицированный блок переключателя телевизионных каналов (ПТК), который применяется во всех без исключения современных промышленных телевизорах. Блок этот содержит УВЧ, собранный по каскодной схеме, обладающий малым уровнем собственных шумов и легко согласующийся с низкоомным выходом телевизионной антенны, гетеродин и смеситель, а также первый полосовой фильтр ПЧ. Барабанный переключатель блока осуществляет коммутацию всех контуров преселектора при переходе с одной программы на другую.

Таблица 5-2

Стандарт	Канал	Несущая частота изображения, *Мгц*	Несущая частота звука, *Мгц*
Советский	1	49,75	56,25
	2	59,25	65,75
	3	77,25	83,75
	4	85,25	91,75
	5	93,25	99,75
	6	175,25	181,75
	7	183,25	189,75
	8	191,25	197,75
	9	199,25	205,75
	10	207,25	213,75
	11	215,25	221,75
	12	223,25	229,75
Европейский	1		
	2	48,25	53,75
	3	55,25	60,75
	4	62,25	67,75
	5	175,25	180,75
	6	182,25	187,75
	7	189,25	194,75
	8	196,25	201,75
	9	203,25	208,75
	10	210,25	215,75
	11	217,25	222,75
	12		
Американский	2	55,25	59,75
	3	61,25	65,75
	4	67,25	71,75
	5	77,25	81,75
	6	83,25	87,75
	7	175,25	179,75
	8	181,25	185,75
	9	187,25	191,75
	10	193,25	197,75
	11	199,25	203,75
	12	205,25	209,75
	13	211,25	215,75

Конструктивно ПТК представляет собой совершенно законченный самостоятельный блок, соединяемый с телевизором при помощи шланга с разъемом.

Телевизоры, конструируемые радиолюбителями, предназначены для работы в одном определенном месте, где, как правило, возможен прием одной и значительно реже двух программ телевизион-

ного вещания. Поэтому в любительских телевизорах применять блок ПТК нецелесообразно.

Радиолюбителям можно рекомендовать конструировать преселектор с обычными галетными переключателями на три программы с теми частотами, на которых возможен прием телевизионного вещания в данной местности. В табл. 5-2 приведены рабочие частоты телевизионных каналов.

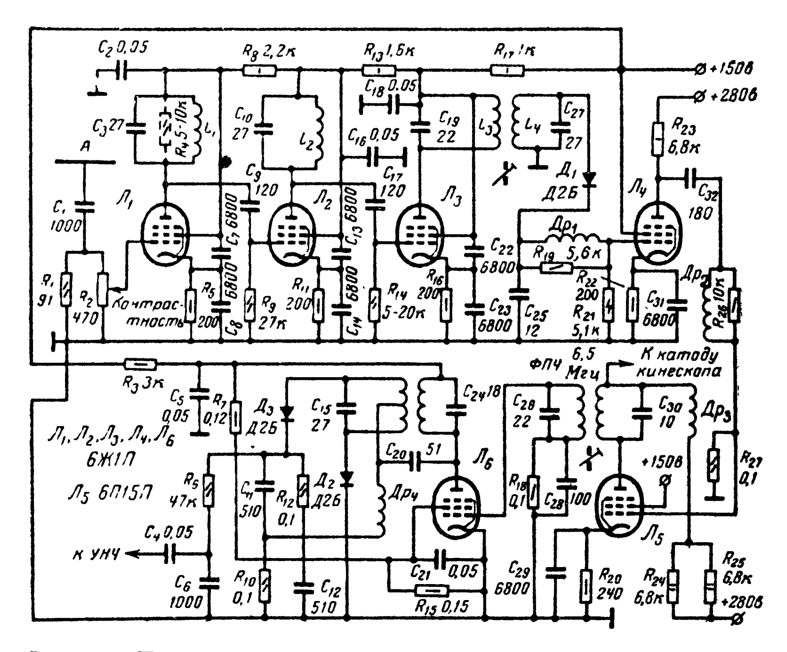


Рис. 5-4. Принципиальная схема простого радиоканала для однопрограммного приемника метрового диапазона.

Блок-схема радиоканала может иметь несколько вариантов, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками и может быть рекомендован в том или ином случае. Приемник может быть супергетеродинным или прямого усиления, одноканальным или двухканальным, однопрограммным или многопрограммным, рассчитанным на прием передач в первом диапазоне (с первого по пятый канал) или во втором диапазоне (с шестого по двенадцатый канал). Ниже мы рассмотрим целесообразность использования указанных схем в различных случаях.

Одноканальный приемник прямого усиления — самый простой, он содержит минимальное количество ламп. Такие приемники целесообразно строить в том случае, если предполагается принимать всего одну телевизионную программу в первом диапазоне. Основные достоинства схемы — минимальное число деталей, простота сборки

и регулировки, самый низкий уровень шумов на изображении, высокая стабильность настройки. Недостатки — сравнительно низкая чувствительность, невозможность получения достаточной чувствительности во втором диапазоне, сложность осуществления коммутации при необходимости приема двух или трех программ, трудность осуществления АРУ без искажения формы частотной характеристики.

Следует отметить, что при трехкаскадном УВЧ для получения необходимой формы частотной характеристики лучше применять полосовые фильтры, а при четырех каскадах можно ограничиться применением одиночных резонансных контуров. На рис. 5-4 приведена одна из возможных схем такого радиоканала.

Супергетеродин с раздельными каналами звука и изображения позволяет получить наилучшее качество приема изображения и звука при полной независимости обоих каналов друг от друга, а также допускает прием радиовещательных станций с частотной модуляцией без какого-либо усложнения схемы и без дополнительных ламп. При двухканальной схеме громкость и качество звука совершенно не зависят от уровня сигнала изображения и положения ручки контрастности, чего нельзя достичь в одноканальных схемах. В то же время этой схеме присущи и некоторые недостатки. Главные из них — сложность и большое число ламп, а также возможность «ухода» настройки гетеродина на частотах второго диапазона, могущая привести к ослаблению или даже пропаданию звука по мере прогрева телевизора. Для предотвращения этого в телевизор вводят ручку подстройки гетеродина или применяют автоподстройку частоты гетеродина.

Двухканальную супергетеродинную схему можно рекомендовать для телевизоров 1-го класса. Если телевизор будет принимать программы первого диапазона, необходимость в автоподстройке частоты гетеродина отпадает. На рис. 5-5 приведен один из возможных вариантов схемы радиоканала, работающего по двухканальной супергетеродинной схеме. Радиоканал рассчитан на прием двух телевизионных программ первого диапазона и радиовещательных станций, работающих с частотной модуляцией на УКВ.

Одноканальная супергетеродинная схема радиоканала наиболее распространена. Это объясняется тем, что она позволяет получить вполне удовлетворительное качество изображения и звука на всех 12 каналах при минимальном количестве ламп. Схема дает возможность применения любых автоматических регулировок и поэтому подходит для приемников всех классов от 3-го до 1-го. Наиболее существенные недостатки этой схемы — зависимость громкости и качества звука от уровня сигнала изображения, появление кадрового фона («гудение») при чрезмерной контрастности, жесткие требования к соотношению уровней несущих сигналов изображения и звука (что приводит к необходимости особо тщательной настройки контуров радиоканала), а также необходимость введения дополнительных ламп и контуров при желании принимать программы радиовещания (УКВ ЧМ).

Одноканальную супергетеродинную схему целесообразно применять в тех случаях, когда используются детали от промышленных телевизоров (блок ПТК, контуры ПЧ, готовые печатные платы радиоканала и др.), а также при необходимости приема двух или трех программ второго диапазона.

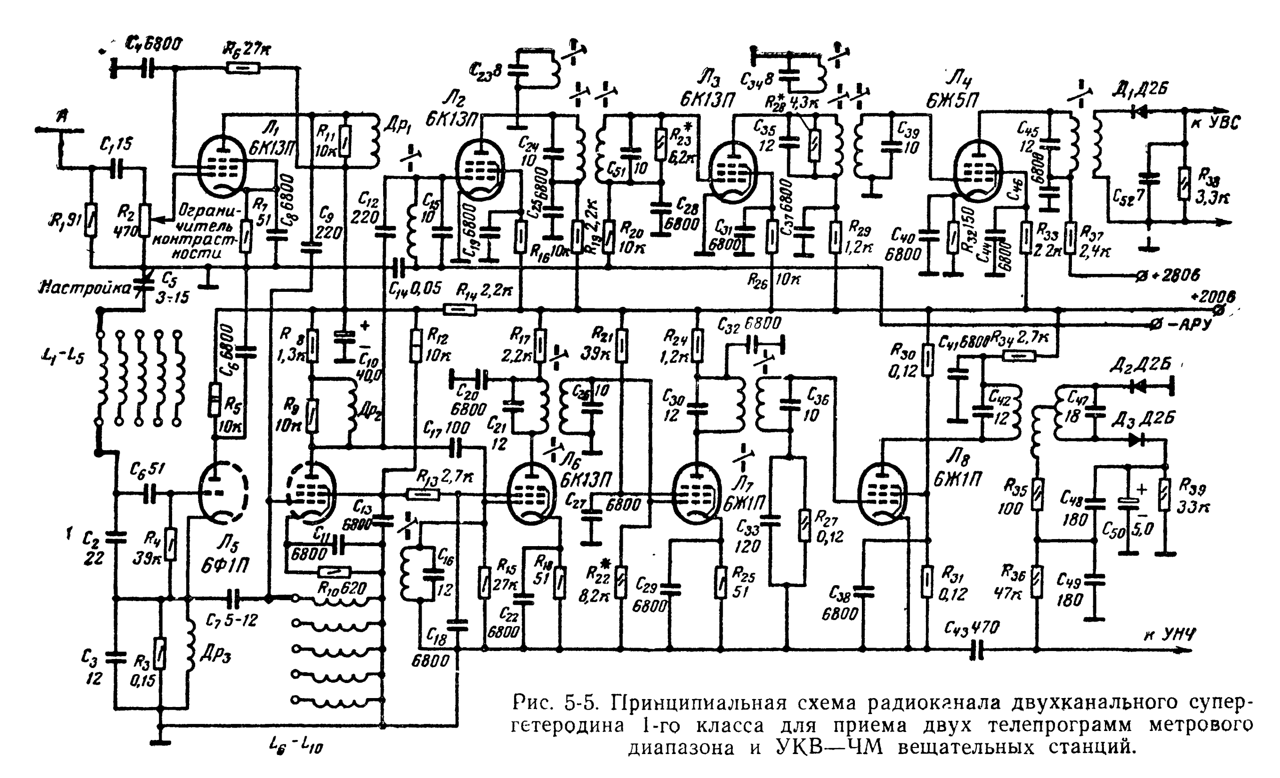


Рис. 5-5. Принципиальная схема радиоканала двухканального супергетеродина 1-го класса для приема двух телепрограмм метрового диапазона и УКВ—ЧМ вещательных станций.

Выбор основных параметров радиоканала

Выбор основных параметров радиоканала, а следовательно, и его принципиальной схемы для любительского телевизора существенно отличается от аналогичного выбора для промышленных телевизоров. Это объясняется тем, что чувствительность в промышленных телевизорах всегда задают с большим запасом, так как эти телевизоры должны обеспечивать уверенный прием в самых разнообразных условиях.

В любительском телевизоре, рассчитанном на работу во вполне определенных условиях, далеко не всегда нужна высокая чувствительность. Более того, чувствительность порядка 50—100 *мкв*, которую имеют почти все промышленные телевизоры, можно рекомендовать любителям лишь в исключительных случаях (при приеме сигналов маломощных телецентров или ретрансляторов или при особо неблагоприятных условиях приема). В остальных случаях вполне достаточна чувствительность порядка 500—1 000 *мкв*.

Полоса пропускания радиоканала связана с максимально достижимой четкостью изображения, поэтому всегда нужно стремиться получить наибольшую полосу пропускания видеоканала. Однако при выборе этого параметра для любительских и промышленных телевизоров принимаются во внимание разные соображения. Дело в том, что расширение полосы пропускания видеоканала возможно лишь до определенного предела, обусловленного тем, что по соседству с каналом изображения в высокочастотном сигнале расположен канал звукового сопровождения. Если полоса пропускания канала изображения окажется достаточно широкой, то в этот канал смогут попасть сигналы звукового сопровождения, что приведет к появлению на изображении множества горизонтальных полос, меняющихся в такт со звуком независимо от уровня громкости звука.

В промышленных телевизорах для избежания этого явления искусственно ограничивают полосу пропускания видеоканала.

В радиолюбительских условиях целесообразно предельно расширять полосу пропускания видеоканала, а для борьбы с «пролезанием» сигналов звукового сопровождения применять систему режекции в нескольких или даже всех каскадах видеоканала. Для телевизоров разных классов можно рекомендовать следующие значения полосы пропускания видеоканала: 1-й класс — от 5,5 до 5,7 *Мгц*, 2-й класс — от 5,1 до 5,5 *Мгц*, 3-й класс — от 4,7 до 5,1 *Мгц*. Нужно помнить, что указанные цифры относятся лишь к каналу изображения. Входные цепи, общий УВЧ и смеситель должны иметь более широкую полосу пропускания (порядка 6,8—7,5 *Мгц*), чтобы обеспечить прием сигналов звукового сопровождения.

Усилитель ВЧ и преобразователь супергетеродинного телевизора

Не вдаваясь в подробный анализ, приведем несколько конкретных схем, применяемых в любительских телевизорах разных классов.

Схема трехпрограммного высокочастотного блока с раздельными каналами звука и изображения приведена на рис. 5-6. Усилитель высокой частоты иа лампе 6К13П позволяет осуществлять глубокую плавную ручную регулировку контрастности в цепи постоянного тока (что допускает вынесение регулятора контрастности на пульт ди-

станционного управления без опасности самовозбуждения телевизора). Регулировка контрастности в первом каскаде исключает перегрузку остальной части схемы и изменение формы частотной характеристики при регулировке контрастности. Функции гетеродина и смесителя выполняют триодная и пентодная части лампы 6Ф1П. В анодную цепь смесителя включен полосовой фильтр, настроенный на промежуточную частоту канала изображения.

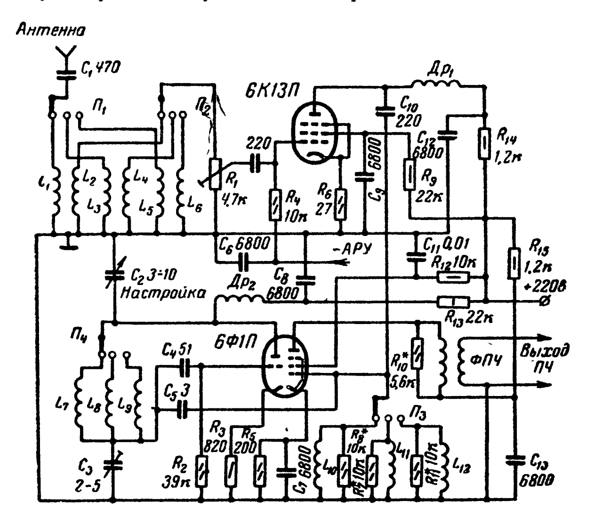


Рис. 5-6. Схема трехпрограммного ВЧ блока телевизоров 1-го и 2-го классов.

Переключение каналов осуществляется стандартным двухгалетным переключателем на три положения для приема трех телевизионных программ первого диапазона. Переключатели $П_1$ и $П_2$ осуществляют коммутацию входных катушек, $П_3$ — смесителя, а $П_4$ — катушек гетеродина. Схема может быть рекомендована для телевизоров 1-го и 2-го классов.

Трехпрограммный одноканальный блок ВЧ, изображенный на рис. 5-7, позволяет принимать три телевизионные программы как в первом, так и во втором диапазонах, т. е. на любых трех из 12 каналов, работающих в Советском Союзе. По схеме блок мало отличается от промышленных блоков ПТК. Коммутация осуществляется трехгалетным переключателем на три положения. Конструкция блока показана на рис. 5-8. Блок может быть рекомендован для телевизоров всех классов, когда необходимо принимать передачи на частотах второго телевизионного диапазона.

Усилители ВЧ для однопрограммных телевизоров целесообразно делать не апериодическими, а резонансными, что позволяет увеличить их усиление, снизить уровень шумов и упростить получение необходимой формы частотной характеристики всего видеотракта. Усилитель может быть собран либо на пентоде с короткой или удли-

ненной характеристикой, либо на двух триодах (или одном сдвоенном триоде) по каскодной схеме. Схема на пентоде менее склонна к самовозбуждению, но имеет больший уровень шумов; каскодная схема на двух триодах хотя и имеет меньший уровень шумов и хорошо согласуется с низкоомным выходом антенны, требует специ-

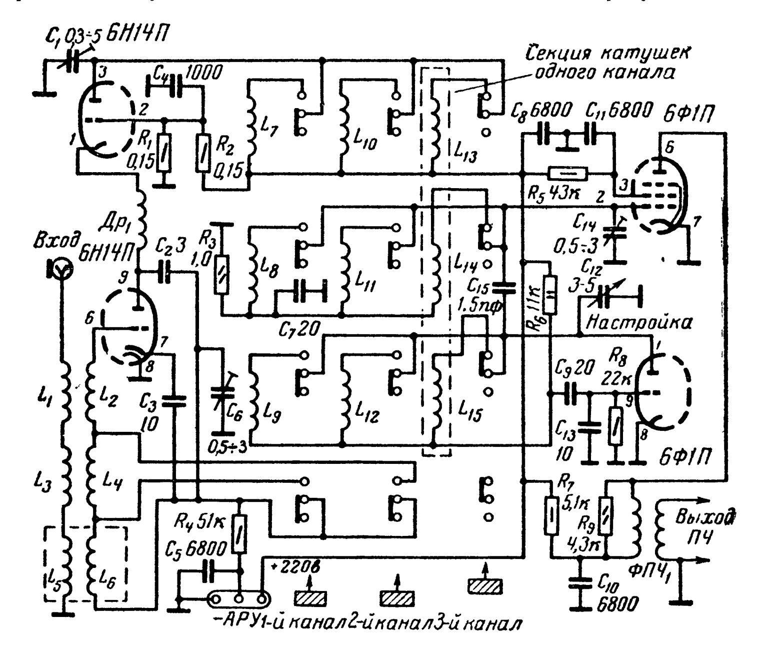


Рис. 5-7. Схема трехпрограммного ВЧ блока для метрового и дециметрового диапазонов.

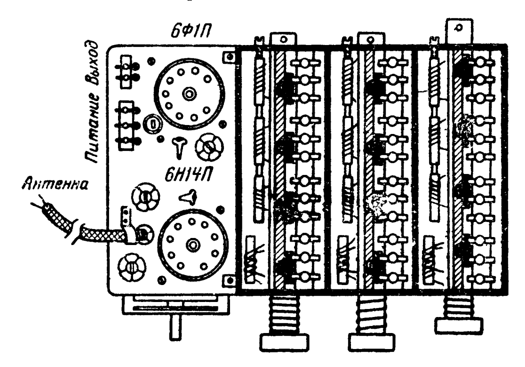


Рис. 5-8. Конструкция ВЧ блока по схеме на рис. 5-7.

альных мер для нейтрализации влияния большой проходной емкости триода.

Преобразователи частоты для телевизионных супергетеродинных приемников в большинстве случаев делают с отдельным гетеро-

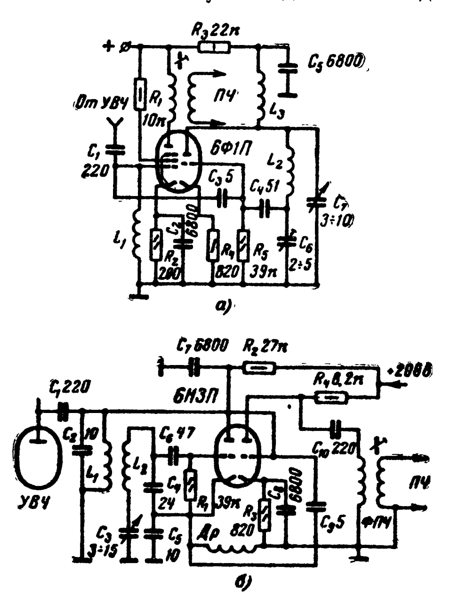


Рис. 5-9. Схемы преобразователей частоты для метрового диапазона на триод-пентоде (*а*) и двойном триоде (*б*).

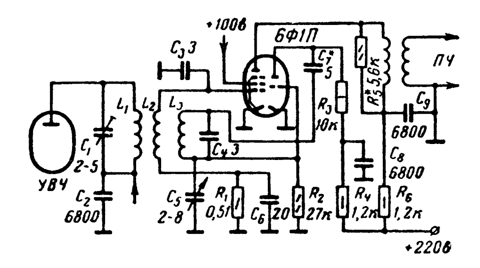


Рис. 5-10. Схема преобразователя частоты дециметрового диапазона.

дином, чтобы исключить неуправляемую связь гетеродина со смесителем через паразитные емкости лампы. При этом гетеродин чаще всего собирают на триоде, а смеситель — как на триоде, так и на пентоде. Триодный смеситель применяют в тех случаях, когда хотят получить наименьший уровень собственных шумов, а пентодный —

при необходимости получить максимальный коэффициент усиления. Таким образом, целесообразно применять триодный смеситель для телевизоров более высокого класса, а пентодный — для простых телевизоров.

Гетеродины для телевизионных приемников чаще собирают по схемам с емкостными делителями, чем с индуктивной обратной связью, поскольку при высоких частотах генерации схемы с емкостными делителями позволяют более точно установить необходимую степень обратной связи. Индуктивные схемы обратной связи менее управляемы за счет значительного влияния паразитных емкостных связей.

На рис. 5-9 приведены наиболее употребительные схемы преобразователей частоты для телевизоров, работающих в первом телевизионном диапазоне, а на рис. 5-10 — схема для телевизоров, работающих во втором телевизионном диапазоне.

Выделение сигналов звукового сопровождения и выбор значений промежуточных частот

Схемы разделения каналов звука и изображения в двухканальных приемниках весьма разнообразны, однако принципиально они могут быть сведены к двум схемам, изображенным на рис. 5-11. Их различие состоит в том, что в схеме на рис. 5-11, *а* разделение сигналов ПЧ осуществляется непосредственно на аноде смесительной лампы, а в схеме на рис. 5-11, *б* сигнал ПЧ звукового сопровождения выделяется в анодной цепи лампы первого каскада УПЧ канала

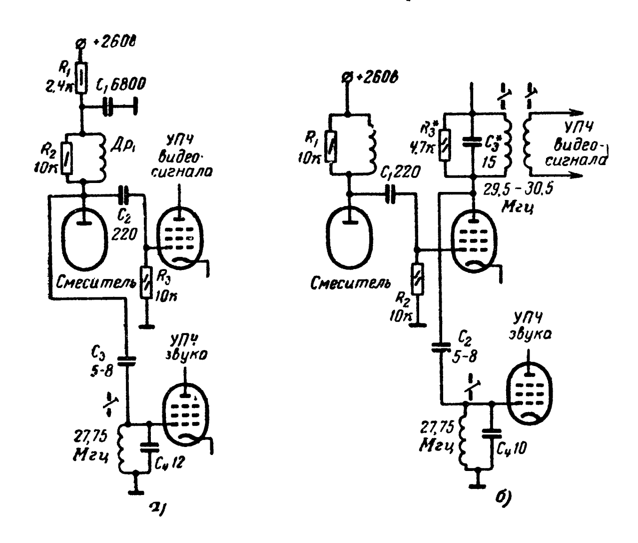


Рис. 5-11. Схемы разделения сигналов ПЧ звука и изображения в двухканальных телевизорах.

а — в анодной цепи смесителя; *б* — в анодной цепи первого каскада УПЧ видеосигнала.

изображения. В промышленных телевизорах первая схема применялась в телевизорах «Т-2 Ленинград», «Авангард», «Беларусь», вторая — в телевизорах «Темп» и «Рембрандт».

Достоинство первой схемы — полная независимость настройки ПЧ каналов звука и изображения, недостаток — применение лишней лампы. Вторая схема весьма критична к настройке первого каскада УПЧ и не всегда позволяет получить необходимую глубину режекции звука при достаточно широкой полосе пропускания УПЧ канала изображения. Первую схему можно рекомендовать для телевизоров более высокого класса.

Выбор значения промежуточных частот для двухканальных телевизоров, строго говоря, может быть произвольным. В промышленных двухканальных телевизорах применяют следующие промежуточные частоты: 34,25 *Мгц* для несущей частоты сигнала изображения и 27,75 *Мгц* для несущей частоты сигнала звукового сопряжения или соответственно частоты 38,0 и 31,5 *Мгц*. Следует помнить, что передача сигналов изображения в Советском Союзе ведется на одной боковой полосе с частичным подавлением второй боковой полосы, поэтому рабочая полоса промежуточных частот канала изображения лежит в пределах от 34,25 *Мгц* (или соответственно от 38,0 *Мгц*) до 29—30 *Мгц* (или соответственно до 32,5—33,5 *Мгц*) в зависимости от класса телевизора и выбранной полосы пропускания. Сигналы звукового сопровождения передаются методом частотной модуляции, поэтому для неискаженного воспроизведения канал УПЧ звука должен пропускать полосу частот порядка 300 *кгц*, а с учетом влияния нестабильности частоты гетеродина — порядка 500—600 *кгц*.

Значения промежуточных частот 38,0 и 31,5 *Мгц* введены сравнительно недавно с целью получения единства значений промежуточных частот с принятыми в Европе. Поскольку на частотах 31—33 *Мгц* во многих городах ведется диспетчерская радиосвязь служб такси, скорой помощи и др., создающих помехи телевизионному приему, для любительских телевизоров целесообразно использовать промежуточные частоты: 27,75 и 34,25 *Мгц*.

Усилитель промежуточной частоты канала изображения

Усилитель канала изображения телевизионного приемника имеет несколько особенностей, отличающих его от УПЧ вещательного приемника. Главная из них состоит в том, что полоса пропускания УПЧ канала изображения составляет несколько мегагерц, поэтому для получения равномерной частотной характеристики во всей этой полосе приходится применять несколько каскадов УПЧ, чаще всего три или четыре. Кроме того, канал УПЧ изображения должен в достаточной мере подавлять проникающие в него сигналы промежуточной частоты звука, для чего в его схему вводят дополнительные режекторные контуры или специальные Т-фильтры.

Наконец, помимо обычной для любого УПЧ регулировки усиления (АРУ), в УПЧ радиоканала телевизора применяют ручные регулировки контрастности и четкости, которые можно сравнить соответственно с регулятором чувствительности и полосы пропускания обычного вещательного приемника.

Выбор числа каскадов УПЧ канала изображения зависит от класса телевизора. При необходимости обеспечить высокую чет-

кость изображения и достаточную чувствительность применяют четырехкаскадный УПЧ, если же допустима пониженная четкость (например, при использовании кинескопов 23ЛК или 35ЛК) или низкая чувствительность (прием в непосредственной близости от телецентра или ретранслятора), можно собрать трехкаскадный УПЧ. Число каскадов может зависеть и от типов применяемых ламп,

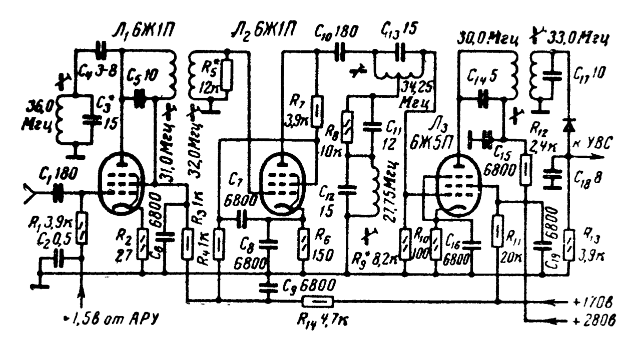


Рис. 5-12. Схема УПЧ видеосигнала для телевизоров 3-го класса.

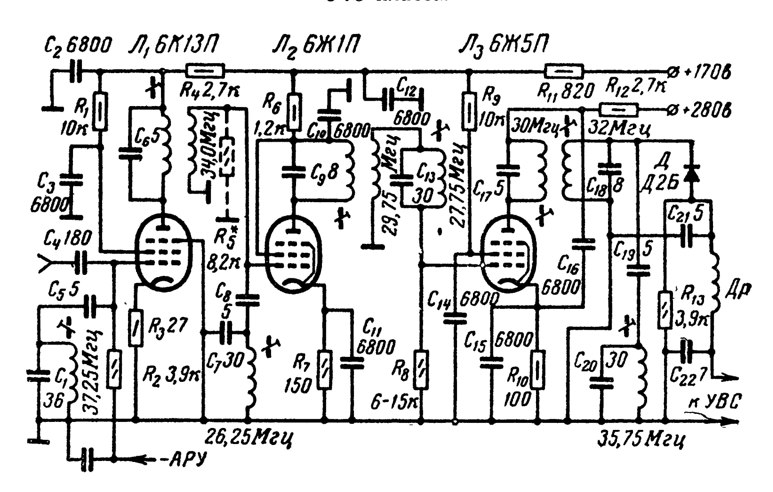


Рис. 5-13. Схема УПЧ видеосигнала для телевизоров 2-го класса.

а также от используемых резонансных систем (одиночные контуры, полосовые фильтры, К- и М-фильтры и др.).

Минимально сложный УПЧ для приемников 3-го класса может состоять из трех каскадов на лампах 6Ж1П или пентодных частях ламп 6Ф1П и содержать четыре одиночных взаиморасстроенных контура и не менее двух режекторных контуров. Принципиальная схема такого УПЧ приведена на рис. 5-12, а на рис. 5-13 и

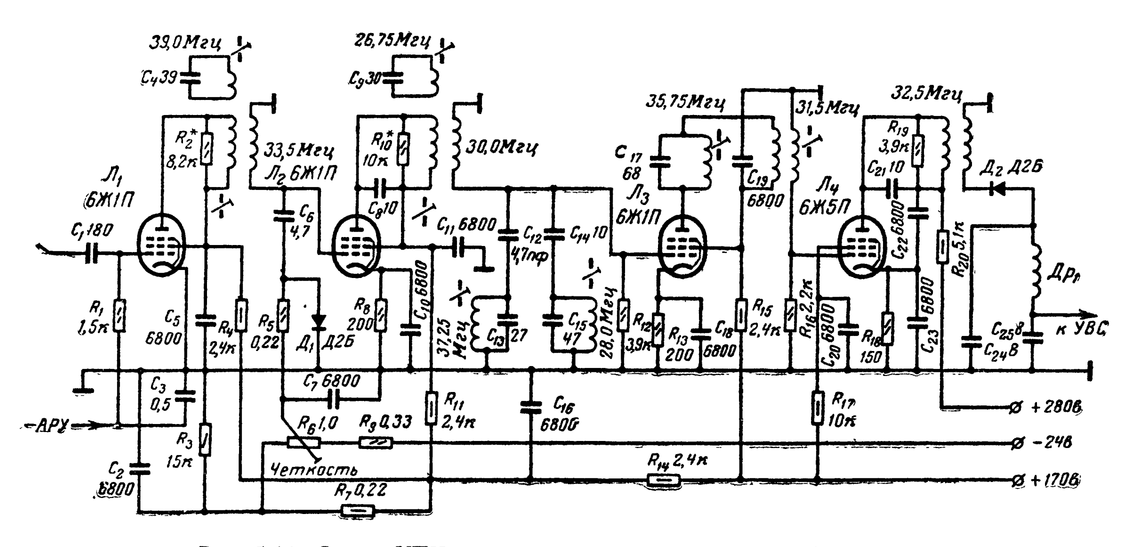


Рис. 5-14. Схема УПЧ видеосигнала для телевизоров 1-го класса.

5-14 приведены типовые схемы УПЧ для телевизоров 2-го и 1-го классов.

Выбор ламп для УПЧ канала изображения основывается на необходимости получения достаточного коэффициента усиления и одновременно высокой стабильности усилителя в широкой полосе частот. Эти требования заставляют применять в каскадах УПЧ лампы с высокой крутизной характеристики и весьма малыми значениями проходной емкости. Кроме того, важным параметром является напряжение собственных шумов лампы, которое нужно выбирать наименьшим. Наиболее подходящими для работы в каскадах УПЧ канала изображения являются лампы типа 6Ж4 из «металлической» серии и лампы типов 6Ж1П и 6Ф1П (пентодная часть) из стеклянной («пальчиковой») серии.

Особо следует остановиться на выборе лампы для последнего каскада УПЧ, так как условия работы этой лампы значительно отличаются от условий работы ламп остальных каскадов УПЧ. Последний контур УПЧ нагружен на детектор, сопротивление которого по соображениям широкополосности не должно превышать 2—4 *ком,* а для нормальной работы видеодетектора напряжение сигнала на выходе последнего каскада УПЧ должно составлять несколько вольт. Поэтому лампа последнего каскада УПЧ должна обеспечивать достаточную выходную мощность, а также достаточный динамический диапазон, т. е. линейность ламповой характеристики на большом участке (при больших напряжениях сигнала на сетке). Для удовлетворения этих требований в последних каскадах УПЧ обычно применяют лампы типа 6Ж5П.

Выбор типа резонансных систем УПЧ канала изображения зависит от многих особенностей (схемных, конструктивных, технологических), связанных со сложностью изготовления и настройки контуров УПЧ.

Мы постараемся дать объективную оценку разных схем в свете использования их в любительских телевизорах.

При всем многообразии схем УПЧ все они могут быть сведены в основном к двум принципиально различным схемам. Основное различие этих схем состоит в способе обеспечения необходимой избирательности на границах полосы пропускания УПЧ и формах фазовой характеристики в районах граничных частот.

Типичным представителем схем первой группы может служить УПЧ промышленного телевизора «Темп-3», второй группы — телевизора «Рубин». Поскольку схемы этих телевизоров широко известны и опубликованы в многочисленных изданиях (например, в справочнике по телевизионным приемникам С. А. Ельяшкевича), мы не будем приводить их здесь, а ограничимся разбором способов формирования частотной характеристики УПЧ в этих телевизорах.

Схемы, в которых необходимая избирательность УПЧ достигается применением нескольких режекторных контуров, настроенных на разные частоты, широко применяются в большинстве моделей телевизоров «Темп». Смысл этой системы состоит в том, что на границах полосы пропускания УПЧ канала изображения необходимая величина избирательности достигается путем применения соответственно настроенных режекторных контуров. Величина режекции легко может быть изменена путем изменения добротности контуров (например, за счет изменения коэффициента связи между режекторным и основным контурами или путем шунтирования режекторного контура постоянным резистором). Однако одновременно

с режекцией сигнала на частотной характеристике УПЧ (на частоте настройки режекторного контура) (рис. 5-15, *а*) возникают два «выброса» или «всплеска» (рис. 5-15, *б*), расположенные симметрично по обе стороны, от частоты режекции и в непосредственной близости от нее. Величина «всплесков» тем больше, чем больше глубина режекции. Если один из этих «всплесков» оказывается полезным, увеличивая крутизну фронта частотной характеристики, то второй «всплеск», находящийся за пределами полосы пропускания, ухудшает избирательность телевизора по соседнему каналу и снижает его помехоустойчивость. Чтобы устранить этот нежелательный «всплеск», приходится вводить в схему дополнительные режекторные контуры, настроенные на частоты «всплексков»; при этом каждый введенный режектор в свою очередь создаст по два новых «всплеска» (рис. 5-15, *в*). В результате настройка телевизора оказывается весьма трудоемкой и требующей умения подбирать необходимый коэффициент связи и величины шунтов режекторных контуров.

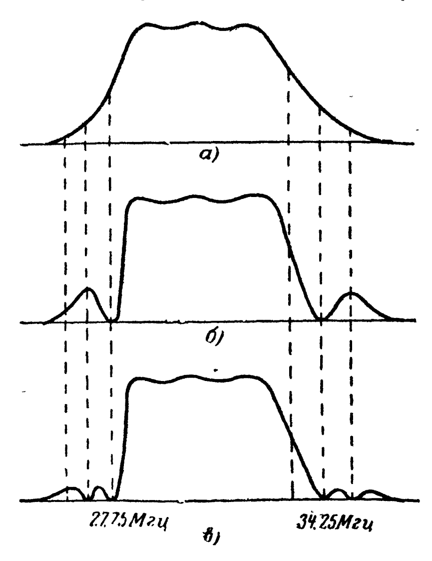


Рис. 5-15. Последовательность формирования частотной характеристики УПЧ видеосигнала с помощью режекторных контуров.

В то же время при правильной настройке эта система обеспечивает наилучшее качество изображения и полное отсутствие так называемых «тянучек», т. е. не четкого, а размазанного, постепенного перехода от границы черной линии к светлому фону.

С п о с о б ф о р м и р о в а н и я ч а с т о т н о й х а р а к т е р и с т и к и УПЧ с помощью Т-контура (или Т-фильтра) применяется в телевизорах типов «Рубин», «Рекорд» и др. и заключается в том, что в одном из каскадов УПЧ (принципиально безразлично, в каком) в качестве резонансной системы используется система из двух контуров, образующих сбалансированный мост. Так как контуры входят в противоположные диагонали моста, связь между ними исключена, в результате чего режекторный контур не дает «всплеска» на характеристике основного контура. Это позволяет обеспечить необходимую режекцию на частоте звука с помощью всего лишь одного режекторного контура. В то же время при удовлетворительной режекции и равномерности частотной характеристики УПЧ в пределах полосы пропускания обычно не удается обеспечить такую форму фазовой характеристики, при которой граница между черным и белым на изображении была бы достаточно четкой. Поэтому для большинства телевизоров с Т-фильтром в УПЧ характерно

наличие тянучки справа от вертикальных черных линий, т. е. нечеткого перехода от черного к белому.

Радиолюбителям, имеющим небольшой опыт работы с телевизорами и не располагающим необходимым комплектом измерительной аппаратуры, лучше применять схему с Т-фильтром. Тем же радиолюбителям, для которых настройка радиоканала не представляет большого труда, мы рекомендуем схему с независимыми режекторными контурами, поскольку при этом можно добиваться более высокого качества изображения.

Регулировки в УПЧ канала изображения

Регулирование ширины полосы пропускания УПЧ канала изображения преследует цель получения наилучшего качества изображения при различном характере передач (студийная передача, кинофильм и др.). Эту функцию в телевизоре выполняет так называемый корректор или регулятор четкости. Регулирование четкости

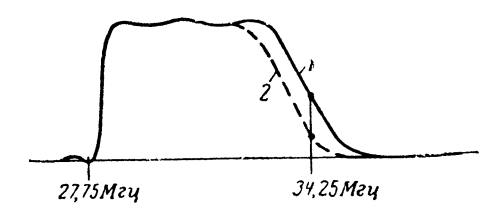


Рис. 5-16. Принцип действия регулятора четкости.

состоит в том, что каким-либо способом изменяют настройку того контура УПЧ, на склоне характеристики которого находится несущая промежуточная частота изображения (рис. 5-16, кривая *1*). Если настройка этого контура изменяется таким образом, что несущая частота ПЧ изображения опускается по склону резонансной кривой (рис. 5-16, кривая *2*), то это соответствует относительному подъему высших модулирующих частот изображения, отстоящих от несущей на наибольшем расстоянии по характеристике, которое зрительно воспринимается, как увеличение четкости.

Схемы регуляторов четкости, которые мы рекомендуем для использования в любительских телевизорах, приведены на рис. 5-17. Принцип действия первой из этих схем основан на том, что при открытом диоде параллельно контуру, настроенному на частоту 34,25 *Мгц*, оказывается подключенной небольшая добавочная емкость, в результате чего настройка контура сдвигается в сторону более низких частот и несущая частота изображения опускается по склону частотной характеристики УПЧ. Применение диода в качестве управляющего элемента позволяет осуществлять регулировку по цепи постоянного тока. При этом переменный резистор регулятора четкости можно вынести на общий пульт управления, не опасаясь возникновения самовозбуждения.

Регулирование контрастности в телевизорах осуществляется путем изменения коэффициента усиления радиоканала (безразлично,

в каких каскадах). Обычно регулировку контрастности осуществляют либо в первом каскаде УПЧ, либо в видеоусилителе. На рис. 5-18 приведены наиболее употребительные схемы регулировки контрастности.

Автоматическая регулировка усиления в радиоканале телевизора имеет то же назначение, что и в радиовещательных приемниках, и

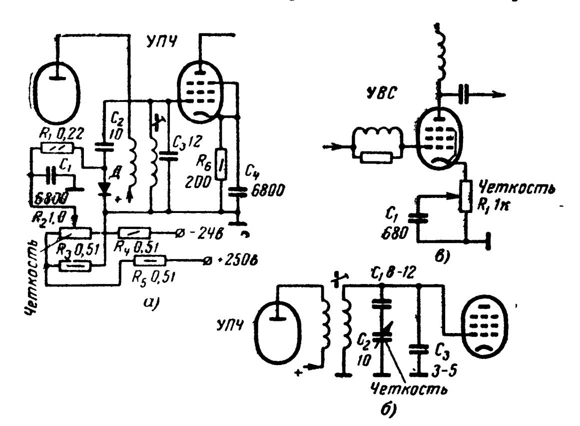


Рис. 5-17. Схемы регуляторов четкости для любительских телевизоров.

а — схема с применением диода Д; *б* — регулировка конденсатором переменной емкости; *в* — регулировка с помощью ООС.

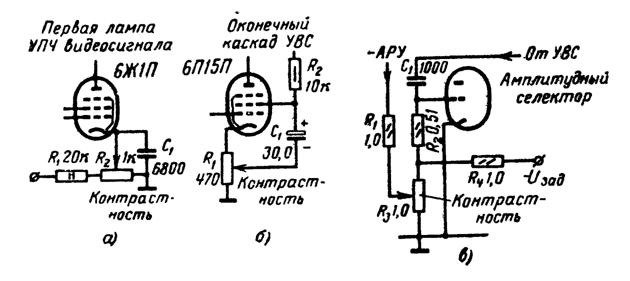


Рис. 5-18. Типовые схемы регулировки контрастности.

а — регулятор контрастности в УПЧ видеосигнала; *б* — регулятор контрастности в оконечном каскаде УВС; *в* — регулятор контрастности в амплитудном селекторе.

может быть выполнена по аналогичным схемам. Одна из таких простейших схем приведена на рис. 5-19. Эта схема имеет недостатки, основным из которых является низкая помехоустойчивость. Поэтому в промышленных телевизорах в последние годы применяют более эффективную схему так называемой «ключевой» АРУ. Принцип ее состоит в том, что напряжение АРУ вырабатывается не непрерывно,

а дискретно, т. е. в течение небольших промежутков времени, равных длительности обратного хода строчной развертки. Это приводит к тому, что схема «следит» только за средним уровнем сигнала и не реагирует на случайные кратковременные изменения сигнала и импульсные помехи.

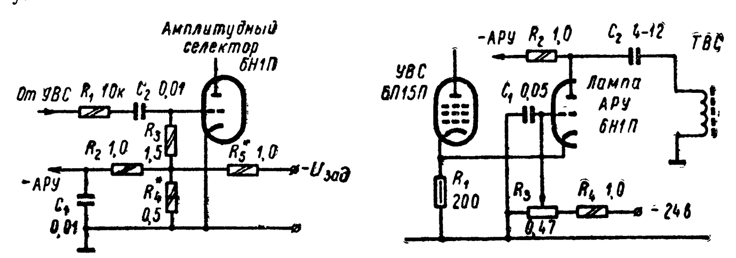


Рис. 5-19. Простая схема АРУ в видеоканале.

Рис. 5-20. Простая схема ключевой АРУ.

Существует довольно много разновидностей схем ключевой АРУ. Одна из них, которую можно рекомендовать для любительских телевизоров всех классов, приведена на рис. 5-20.

Видеодетекторы и видеоусилители

Детектирование видеосигнала производится в подавляющем большинстве случаев однополупериодным диодным детектором, причем лучше применять не ламповый, а полупроводниковый диод (при этом исключаются наводки фона от цепи накала, приводящие к появлению на изображении одной или двух темных размытых горизонтальных полос). Отличительные особенности схемы такого детектора: значительно меньшая, чем в вещательных приемниках, величина сопротивления нагрузки (3—5 *ком*) и наличие элементов, корректирующих частотную характеристику детектора в области высших частот. Обычно такая коррекция осуществляется с помощью небольшого высокочастотного дросселя и конденсатора емкостью в несколько пикофарад, образующих контур, настроенный на частоты порядка 3—4 *Мгц*. Настройка этого контура осуществляется подбором емкости конденсатора в процессе настройки видеоусилителя.

Видеоусилители в канале изображения выполняют такие же функции, как и усилители низкой частоты в вещательных приемниках, т. е. усиливают демодулированный сигнал. Разница состоит в том, что во-первых, видеоусилители имеют полосу пропускания до 4,5—5,5 *Мгц*, а, во-вторых на выходе видеоусилителя требуется получить напряжение, амплитуда которого в телевизорах с высокими ускоряющими напряжениями на кинескопе достигает порядка 100 *в*. Для того чтобы изображение соответствовало оригиналу по градациям яркости, необходимо, чтобы амплитудная характеристика видеоусилителя была линейной вплоть до самых больших значений усиливаемого сигнала. Для обеспечения такой линейности приходится в видеоусилителях применять довольно мощные оконечные лампы. Наиболее подходящими для этой цели можно считать лампы типов 6П15П, 6П9, а также специально разработанную в последнее время лампу 6Ф4П.

Наиболее употребительные схемы видеоусилителей **приведены на** рис. 5-21.

Частотная характеристика видеоусилителя в любых телевизорах (независимо от типа кинескопа) должна иметь характер кривой,

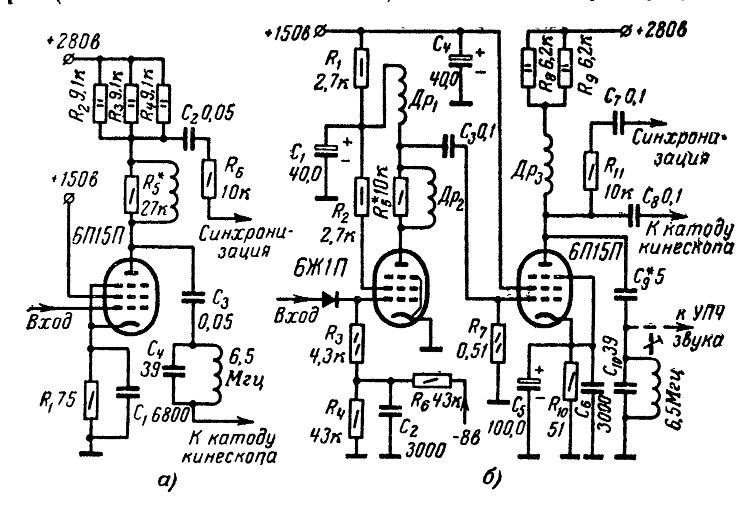


Рис. 5-21. Типовые схемы видеоусилителей.

а — однокаскадный усилитель; *б* — двухкаскадный усилитель.

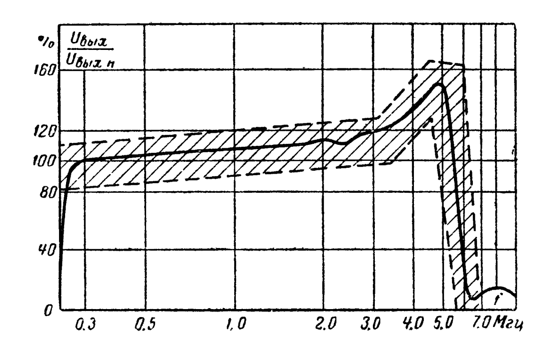


Рис. 5-22. Типовая форма частотной характеристики УВС.

приведенной на рис. 5-22. Здесь пунктиром указаны границы, за пределы которых не должна выходить реальная характеристика. На частотах 4,5—5,0 *Мгц* характеристика имеет значительный подъем для компенсации так называемых апертурных искажений. Зрительно этот подъем приводит к более четкому воспроизведению границ между темными вертикальными линиями и светлым фоном.

Следует предупредить, что при чрезмерном (в 2—3 раза) подъеме характеристики в местах резкого перехода от черного к белому может наблюдаться так называемая «бриллиантность» изображения. Коррекция частотной характеристики видеоусилителя обычно осуществляется с помощью высокочастотных дросселей, включаемых в сеточную и анодную цепи лампы УВС и образующих с распределенными емкостями и емкостями монтажа настроенные контуры. Пере-

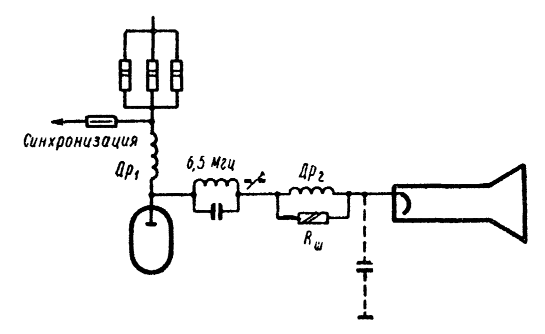


Рис. 5-23. Схема соединения УВС с кинескопом.

стройку дросселей производят либо сматыванием и доматыванием части витков, либо подключением дополнительных конденсаторов небольшой емкости.

Подключение к видеоусилителю кинескопа должно осуществляться одиночным многожильным изолированным проводом минимальной длины и расположенным таким образом, чтобы его емкость от-

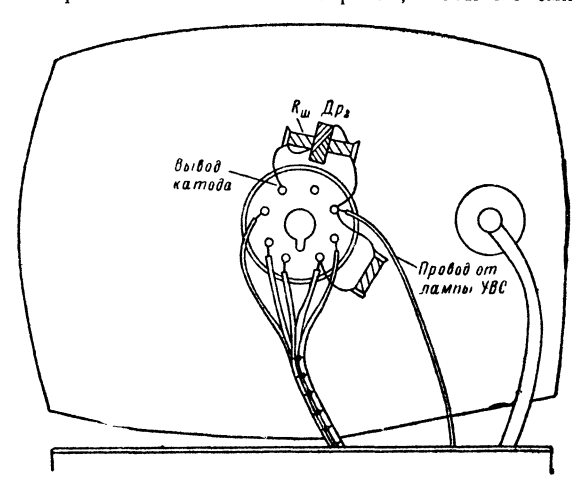


Рис. 5-24. Конструктивное расположение корректирующего дросселя.

носительно шасси не превышала единиц пикофарад. Указанный провод недопустимо прокладывать по шасси и, тем более, вплетать в общий жгут или кросс вместе с другими проводами. Так как практически не удается довести емкость этого провода до нуля, выход УВС оказывается зашунтированным небольшой емкостью монтажа и частотная характеристика УВС искажается. Чтобы скомпенсировать эти искажения, последовательно с выходным проводом обычно включают небольшой корректирующий дроссель, причем этот дроссель располагают непосредственно на панельке кинескопа. Индуктивность дросселя подбирают такой, чтобы она вместе с входной емкостью кинескопа образовывала контур, настроенный на высшую частоту полосы пропускания УВС.

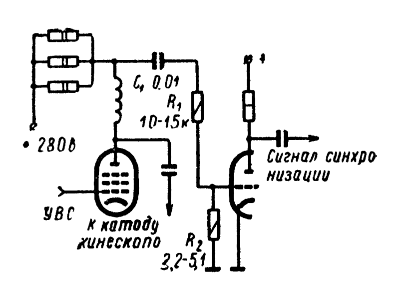


Рис. 5-25. Схема выделения сигнала синхронизации из видеосигнала.

На рис. 5-23 приведена принципиальная схема соединения выхода УВС с кинескопом, а на рис. 5-24 — способ подключения компенсационного дросселя к управляющему электроду кинескопа.

Другие выходы видеоусилителя предназначаются для ответвления в соответствующие каналы сигналов синхронизации и промежу-

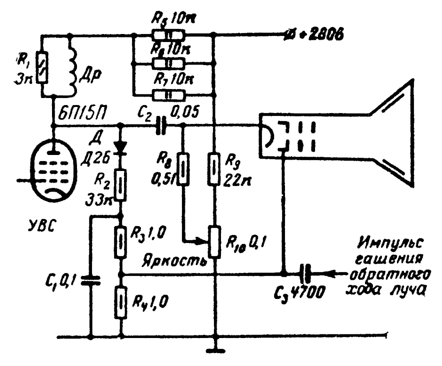


Рис. 5-26. Схема УВС с автоматической регулировкой яркости.

точной частоты звука (если УПЧ звука выполнен по одноканальной схеме). Поскольку наивысшая частота сигналов синхронизации не превышает 31 *кгц*, отделить эти сигналы от видеосигнала не представляет большого труда. Для этого обычно используют схему, приведенную на рис. 5-25 Резистор R_1 необходим для того, чтобы конденсатор C_1 не шунтировал выхода видеоусилителя и не влиял на форму частотной характеристики последнего. Входная емкость лампы селектора и емкость монтажа C_1 замыкают высокочастотную состав-

ляющую видеосигнала, могущую нарушить нормальную работу синхроселектора, но благодаря незначительной величине емкости совершенно не влияет на собственно синхросигналы.

Выделение сигналов ПЧ звука из общего видеосигнала в большинстве случаев осуществляется с помощью настроенного на частоту 6,5 *Мгц* контура, включенного в цепь сетки первого каскада УПЧ звука, либо с помощью полосового фильтра, первичная обмотка которого включена в разрыв анодной цепи лампы видеоусилителя. Второй способ применяется в простейших одноканальных телевизорах (например, в промышленном телевизоре КВН-49).

Автоматическая регулировка яркости легко может быть осуществлена в каскаде видеоусилителя без существенного его усложнения. Радиолюбителям в телевизорах 2-го и 1-го классов можно рекомендовать схему, приведенную на рис. 5-26. Принцип ее работы заключается в том, что при увеличении видеосигнала (что равносильно увеличению контрастности) конденсатор C_1 подзаряжается через диод *Д* до более высокого напряжения, а поскольку напряжение постоянного тока на этом конденсаторе пропорционально напряжению на управляющем электроде кинескопа, и яркость свечения кинескопа оказывается пропорциональной среднему уровню контрастности изображения. Благодаря большой величине емкости конденсатора C_1 схема достаточно инерционна и не реагирует на случайные кратковременные изменения контрастности.

УПЧ канала звукового сопровождения

Канал звукового сопровождения телевизора обычно содержит усилитель промежуточной частоты, частотный детектор и УНЧ. Высокочастотная часть, включая преобразователь, как правило, общая с каналом изображения и поэтому не является составной частью канала звукового сопровождения. Что касается УПЧ и детектора звука, то они практически не отличаются от аналогичных каскадов обычного радиоприемника с диапазоном УКВ, поэтому рассматривать их схемы нет смысла. Остановимся лишь на тех особенностях канала, которые характерны только для телевизоров.

Выбор значения промежуточной частоты канала звукового сопровождения определяется исключительно способом приема звука. При одноканальной схеме эта частота должна быть равна принятому на передающем конце тракта разносу между несущими частотами каналов звука и изображения. В СССР эта частота составляет 6,5 *Мгц*, следовательно и ПЧ звука в телевизоре должна быть равна 6,5 *Мгц*.

Если прием звукового сопровождения осуществляется по двухканальной системе, то теоретически промежуточная частота канала звука может быть выбрана любой. Однако, поскольку в двухканальной системе усилитель ВЧ, смеситель и гетеродин обычно бывают общими для каналов звука и изображения, значение ПЧ звука оказывается зависящим от значения ПЧ канала изображения. Выше указывалось, что для ПЧ изображения наиболее целесообразно выбирать частоту 34,25 *Мгц*; для канала звукового сопровождения значение ПЧ будет соответственно 27,75 *Мгц*.

Наиболее подходящими лампами для УПЧ канала звука следует считать пентоды 6Ж1П и пентодные части ламп 6Ф1П. Последние целесообразно применять в малоламповых телевизорах, поскольку

их триодные части могут быть использованы в других каскадах (УНЧ, селекторе синхроимпульсов и пр.). Когда телевизор входит в состав радиокомбайна и канал УПЧ звука является общим для приемника и телевизора, следует применять лампы 6К4П, так как при этом можно получить эффективно действующую АРУ в режиме радиоприемника.

Настройка радиоканала

Настройка радиоканала является одним из наиболее трудных этапов регулировки телевизора; она требует от радиолюбителя глубокого понимания зависимости качества изображения и его дефектов от настройки радиоканала. Попытки получить хорошее качество изображения и звука вращением наугад всех элементов настройки никогда не может привести к желаемым результатам.

Хорошо настроить радиоканал можно только при помощи измерительной аппаратуры, минимум которой должен содержать свип-генератор на частоты принимаемых программ и промежуточные частоты каналов звука и изображения, высокочастотный генератор с амплитудной модуляцией на эти же частоты, ламповый вольтметр переменного и постоянного напряжения, авометр.

Однако далеко не все радиолюбители располагают перечисленными приборами. Поэтому ниже будет рассказано о настройке телевизора как с помощью приборов, так и без них.

Последовательность настройки радиоканала принципиально может быть любой, но мы рекомендуем радиолюбителям всегда начинать ее «с конца», т. е. с настройки видеоусилителя, так как при этом проще находить и устранять неисправности, могущие иметь место в различных каскадах радиоканала. Однако такой способ применим только при настройке телевизора с помощью приборов. При отсутствии приборов основным индикатором правильности настройки является изображение и последовательность настройки будет иной.

Настройка видеоусилителя по приборам сводится в основном к получению необходимой формы его частотной характеристики и снятию амплитудной характеристики. При наличии свип-генератора такая настройка несложна и занимает не более 1 *ч* Лучше всего для этой цели подходят приборы типов ИЧХ-57, ИЧХ-1 или ПНТ.

При подключении прибора к телевизору необходимо помнить, что измерение частотной характеристики нужно производить непосредственно на модулирующем электроде кинескопа, поэтому измерительную выносную головку свип-генератора нужно подключать непосредственно к соответствующему лепестку панельки кинескопа В то же время нужно помнить, что малейшее увеличение емкости в этой цепи приводит к резкому искажению формы частотной характеристики УВС, поэтому измерительную головку нужно подключать к кинескопу через конденсатор емкостью 1,5—3,0 *пф* не более, как показано на рис. 5-27.

При отсутствии свип-генератора форма частотной характеристики может быть определена с помощью высокочастотного генератора типа ГСС-6 или ему подобного и лампового вольтметра. В этом случае с выхода ГСС на вход УВС подаются последовательно сигналы различных частот и неизменной амплитуды, а с помощью лампового вольтметра измеряются напряжения на кинескопе, соответствующие каждой частоте. По полученным данным строят на бумаге

график зависимости выходных напряжений от частоты, представляющий собой частотную характеристику УВС. Измерительная головка вольтметра подключается таким же образом, как и свип-генератора. Рекомендуем радиолюбителям следующие частоты для снятия характеристики УВС по точкам: 100, 250, 500 *кгц*, 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 3,5; 4,5; 4,8; 5,0; 5,2; 5,3; 5,4; 5,5; 5,6; 5,8; 6,0; 6,3; 6,5; 7,0 и 8,0 *Мгц*.

Характеристику УВС можно считать удовлетворительной, если она не выходит за пределы, указанные на рис. 5-17 пунктиром.

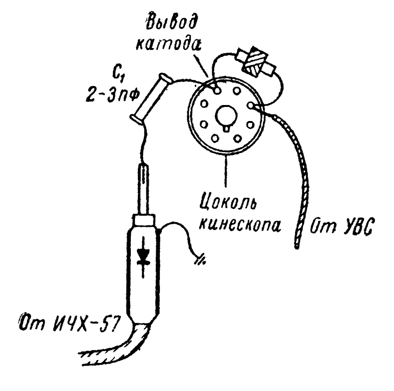


Рис. 5-27. Способ подключения детекторной головки ИЧХ-57 к кинескопу.

При настройке УВС нужно помнить, что в формировании его частотной характеристики принимают участие корректирующие дроссели, включенные не только в анодную цепь лампы УВС, но и в цепь ее управляющей сетки, в том числе дроссели, непосредственно подключенные к выходу видеодетектора, поэтому сигнал от свип-генератора или ГСС нужно подавать на УВС таким образом, чтобы все корректирующие дроссели оказались внутри измеряемой схемы.

Настройка УПЧ канала изображения является наиболее тонкой и трудоемкой операцией. При настройке с помощью свип-генератора УПЧ целесообразно регулировать целиком, а не покаскадно. В этом случае выходной шланг свип-генератора подключают к сетке лампы первого каскада УПЧ (если его вход апериодический) либо к сетке лампы смесителя, отпаяв предварительно от нее входной контур и заменив его резистором утечки. Лампу гетеродина во всех случаях нужно вынуть из ее панельки. Входной (низкочастотный) шланг свип-генератора подключают к нагрузке видеодетектора.

Настройку начинают с того, что все настраиваемые контуры в УПЧ шунтируют резисторами сопротивлением 4,7—7,5 *ком*. Резисторы должны иметь выводы минимальной длины и располагаться непосредственно на выводных лепестках соответствующих контуров. После этого подают сигнал от свип-генератора и перестраивают последовательно все контуры таким образом, чтобы их настройки оказались расположенными в интервале от 29,5 до 33,5 *Мгц*. При этом все режекторные контуры должны быть либо отключены полностью (путем отключения контурной емкости режектора), либо расстроены таким образом, чтобы их собственные частоты находились ниже 25,0 или выше 38,0 *Мгц*. Если какой-либо из контуров (или режекторов) не удается перестроить до указанных пределов с помощью регулировочных элементов, необходимо соответственно уменьшить или увеличить емкость контурных конденсаторов либо в крайнем случае смотать или, домотать несколько витков на контурной катушке.

После указанной перегруппировки настроек всех контуров приступают к формированию границ полосы пропускания УПЧ. Для этого последний контур УПЧ, нагруженный на детектор, перестраи-

вают таким образом, чтобы средняя частота его настройки была 33,5—33,7 *Мгц*. Еще один из оставшихся контуров (любой) перестраивают на частоту 30,0 *Мгц*. Остальные контуры в зависимости от их количества перестраивают таким образом, чтобы максимумы их настроек были расположены равномерно между указанными крайними частотами. После этого один из режекторных контуров (любой) настраивают на частоту 27,75 *Мгц*, а другой на частоту 35,75 *Мгц*. В отличие от основных контуров режекторные контуры настраиваются не на максимум, а на минимум сигнала. На этом предварительная настройка считается законченной. Если в ее процессе появится склонность усилителя к самовозбуждению, необходимо найти и устранить причины его нестабильности, так как без этого нельзя будет осуществить окончательную настройку. О том, как это делается, будет сказано ниже.

Окончательная настройка УПЧ заключается в обеспечении максимально возможного устойчивого коэффициента усиления и необходимых значений избирательности и неравномерности частотной характеристики в пределах полосы пропускания. Максимальное усиление ПЧ может быть получено в том случае, если со всех контуров будут сняты шунтирующие резисторы, однако в этом случае усилитель будет склонен к самовозбуждению и иметь большую неравномерность частотной характеристики.

Чтобы обеспечить наибольший устойчивый коэффициент усиления при незначительной неравномерности частотной характеристики, необходимо постепенно увеличивать сопротивления шунтирующих резисторов во всех контурах в такой последовательности, чтобы сквозная частотная характеристика УПЧ постепенно приближалась к приведенной на рис. 5-15.

После замены каждого шунта необходимо производить подстройку одного или нескольких смежных контуров.

Если УПЧ собран по схеме с независимыми режекторами контурами, то по мере увеличения коэффициента усиления УПЧ на его характеристике справа и слева от точек режекции появятся всплески, для устранения которых оставшиеся режекторные контуры нужно будет перестроить таким образом, чтобы частоты их настройки совпали с частотами всплесков.

Подбор шунтов заканчивают, когда в одном из контуров (безразлично каком) шунт будет полностью отключен либо когда при дальнейшем ослаблении шунтирования контуров будет замечена склонность усилителя к самовозбуждению.

Настройка УПЧ с помощью генератора заключается в последовательной настройке каждого из контуров по приведенной выше методике и периодическом снятии сквозной частотной характеристики УПЧ по точкам. Это способ более трудоемок и кропотлив. Чтобы облегчить и ускорить настройку при всех промежуточных измерениях, можно ограничиваться плавным медленным изменением частоты генератора в пределах полосы пропускания и наблюдением за стрелкой вольтметра на выходе УПЧ. При некотором навыке в этом случае легко определить, какой из контуров необходимо перестроить. Удовлетворительной считается такая настройка, при которой выходное напряжение изменяется не более чем на 10% среднего значения при перестройке генератора в пределах рабочей полосы частот УПЧ.

Настройка входных цепей и преселектора радиоканала телевизора не отличается от настройки аналогичных цепей вещательного радиоприемника. При наличии свип-генератора после окончания

настройки УПЧ нужно перенести сигнальный конец генератора с входа УПЧ на антенный вход телевизора, восстановить цепь сетки лампы смесителя (если она была нарушена при настройке УПЧ), вставить в панельку лампу гетеродина и перестроить генератор на частоту принимаемой программы. Настройку желательно производить в те часы, когда передающая телевизионная станция не работает.

Вращением ручки подстройки гетеродина добиваются того, чтобы несущая частота изображения принимаемой станции оказалась на середине склона частотной характеристики со стороны более низких (а не более высоких, как на характеристике УПЧ!) частот. Если пределы регулировки ручки подстройки гетеродина окажутся недостаточными, нужно изменить емкость постоянных конденсаторов в схеме гетеродина или в крайнем случае число витков гетеродинной катушки и добиться того, чтобы совпадение настройки имело место при среднем положении ручки подстройки частоты гетеродина. В значительных пределах можно изменять собственную частоту гетеродина путем сжатия или растяжения витков его катушки. При сжатии витков индуктивность катушки увеличивается и частота гетеродина понижается.

После точного совмещения настройки несущей частоты изображения с серединой ската частотной характеристики остается проверить неравномерность сквозной частотной характеристики и в случае необходимости довести ее до требуемой нормы путем перестройки входного контура на ту частоту, на которой в сквозной характеристике наблюдается провал.

Нельзя регулировать сквозную частотную характеристику радиоканала с входа путем перестройки контуров УПЧ (если телевизор рассчитан на прием не одной, а нескольких программ), так как в этом случае улучшение характеристики одного из каналов достигается за счет искажения характеристики остальных каналов.

Аналогично настраивают и остальные программы, после чего проверяют настройку телевизора по испытательной таблице. Как оценить параметры телевизора и точность его настройки по испытательной таблице, будет сказано ниже.

Настройка телевизора без приборов производится в следующей последовательности.

Прежде всего необходимо убедиться в том, что все каскады радиоканала телевизора функционируют нормально, т. е. лампы усилительных каскадов усиливают подводимые сигналы, а гетеродин генерирует высокую частоту. Включив телевизор и установив нормальное свечение кинескопа, надо соединить через конденсатор емкостью 0,1—1,0 *мкф* управляющую сетку лампы УВС с незаземленным проводом накала. При исправном видеоусилителе на экране кинескопа появятся широкие темные горизонтальные полосы, перемещение и число которых можно изменять вращением ручки «Частота кадров». Если темные полосы на экране кинескопа не появятся, нужно проверить монтаж УВС, найти и устранить причину неисправности.

Дальше проверяют режим всех ламп УПЧ и преобразователя частоты, обращая особое внимание на наличие и величину напряжения смещения на резисторах автоматического смещения. При нормальных режимах проверяют прохождение сигнала покаскадно, начиная с последнего каскада УПЧ и кончая антенным входом телевизора. Для этого штеккер наружной телевизионной антенны через конденсатор емкостью 100—500 *пф* подключают к сетке лампы

последнего каскада УПЧ, наблюдая при этом внимательно за экраном кинескопа. При исправном каскаде на экране появится характерная рябь или мелкая сетка из прямых и волнистых наклонных линий. Появление такой сетки свидетельствует о исправности каскада и прохождении сигнала через каскад.

Затем последовательно подключают антенну к сеткам ламп предыдущих каскадов, проверяя таким же образом прохождение сигнала. Если при подключении антенны к сетке лампы очередного проверяемого каскада прохождение сигнала прекратится, необходимо найти и устранить причину неисправности.

Работоспособность гетеродина проверяют с помощью обычного тестера. Если гетеродин исправен, то при замыкании управляющей сетки лампы гетеродина на шасси ток лампы резко возрастает и увеличивается падение напряжения на резисторе, включенном в цепь анода лампы.

Второй этап настройки телевизора без приборов заключается в получении на экране кинескопа хотя бы какого-нибудь изображения. Для этого после проверки прохождения сигнала через все каскады и получения устойчивой работы гетеродина включают наружную антенну, устанавливают ручку контрастности в положение максимального усиления, а ручку переключателя программ (если телевизор многопрограммный) — в положение приема той программы, на которой в данный момент ведется передача.

Необходимо помнить, что настройка телевизора без приборов возможна только при хорошей наружной телевизионной антенне с коаксиальным снижением.

Может оказаться, что изображение будет получено сразу же после включения антенны, однако не исключена возможность, что несущая частота принимаемой станции окажется за пределами настройки гетеродина. В этом случае лучше всего прибегнуть к помощи так называемой настроечной палочки, представляющей собой стержень из непроводящего и немагнитного материала (полистирол, плексиглас, в крайнем случае эбонит), в один из торцов которого вставлен небольшой сердечник из феррита, оксифера или другого подобного им материала, а в другой торец — такой же по размеру латунный сердечник. Если эти сердечники поочередно вводить внутрь катушки контура гетеродина, частота гетеродина будет изменяться в весьма широких пределах как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. При отсутствии палочки аналогичный эффект можно получить, раздвигая или сжимая витки катушки контура гетеродина.

Если принимаемая станция попадает в зону настройки телевизора при растяжении витков катушки гетеродина или вставлении в нее латунного сердечника, значит собственная частота гетеродина слишком низка; если же для приема станции нужно сжимать витки катушки или вводить в нее ферритовый сердечник, значит собственная частота гетеродина выше требуемой. И в том, и в другом случае необходимо перестроить гетеродин таким образом, чтобы станция принималась при среднем положении ручки подстройки частоты гетеродина. Увидев изображение, нужно постараться, вращая соответствующие ручки, получить устойчивую синхронизацию по строкам и кадрам.

Третий этап настройки телевизора без приборов начинают с предварительной грубой настройки УПЧ. Для этого прежде всего отключают режекторные контуры (отодвигая их на предельное расстояние от основных контуров или отключая

контурные конденсаторы), а затем поочередно в любой последовательности настраивают все контуры УПЧ на максимальную чувствительность, что соответствует наибольшей контрастности изображения. При этом нужно все время поддерживать контрастность изображения с помощью ручки «Контрастность» на минимальном уровне, обеспечивающем устойчивую синхронизацию. Если при перестройке очередного контура телевизор самовозбудится, нужно вернуться к прежней настройке контура, зашунтировать его резистором сопротивлением 4,7—7,5 *ком* и вновь начать настраивать до получения наибольшей контрастности.

Если при настройке какого-нибудь контура обнаружится, что наибольшая контрастность получается в крайнем положении органа его подстройки (например, карбонильного сердечника), необходимо изменить емкость контурного конденсатора или число витков контурной катушки таким образом, чтобы настройка на максимум контрастности соответствовала среднему положению органа подстройки.

После настройки каждого очередного контура полезно проверять, не нарушилась ли настройка гетеродина, и в случае необходимости производить его подстройку.

После настройки всех контуров в резонанс (на максимум контрастности) изображение должно быть устойчивым, с большим запасом контрастности, но нечетким, размазанным, с неразличимыми мелкими деталями.

Четвертый этап настройки телевизора без приборов заключается в более точной настройке контуров УПЧ и возможен только при приеме телевизионной испытательной таблицы.

Установив с помощью ручки «Контрастность» нормальную контрастность изображения, начинают медленно перестраивать один из контуров (лучше всего контур первого каскада) на более низкую частоту, следя за изображением на экране кинескопа. По мере перестройки контура контрастность изображения должна уменьшаться, а субъективно воспринимаемая четкость — увеличиваться. С некоторого момента на изображении должны быть заметны тонкие черные горизонтальные полоски, появляющиеся и исчезающие в такт со звуковым сопровождением. Эти полоски являются результатом проникновения в канал изображения сигналов звукового сопровождения. Перестройку контура заканчивают тогда, когда интенсивность полос на изображении станет весьма большой. После этого восстанавливают цепь одного из режекторных контуров, устанавливают максимальную связь этого контура с основным контуром и начинают перестраивать его, внимательно наблюдая за полосами на экране.

По мере приближения настройки режекторного контура к промежуточной частоте канала звукового сопровождения интенсивность полос на изображении начнет уменьшаться, а при точной настройке полосы пропадут совсем. После настройки нужно постепенно уменьшать связь режекторного контура с основным до появления едва заметных звуковых полос, вновь точно подстроить режекторный контур и после этого увеличить связь настолько, чтобы полосы на изображении не появлялись даже при самых сильных звуках.

Настроив первый режекторный контур, медленно вращают в обе стороны ручку подстройки гетеродина и наблюдают за вертикальным веерообразным клином на испытательной таблице. При этом будет видно, что при каком-то положении ручки подстройки число отдельно различимых вертикальных полос на клине будет наибольшим, хотя при этом может оказаться, что на изображении вновь появятся

полосы от звука. Ручку подстройки гетеродина оставляют в положении, соответствующем наибольшей четкости, и вновь подстраивают первый режекторный контур до пропадания полос, увеличивая при необходимости связь его с основным контуром. Если устранить полосы не удастся даже при максимальной связи, может оказаться необходимым настроить на эту же частоту второй режекторный контур. Если максимальная четкость получится при крайнем положении ручки подстройки гетеродина, придется еще раз изменить емкость или индуктивность контура гетеродина.

Получив наибольшую четкость с помощью одного контура и устранив полосы от звука, начинают последовательно перестраивать остальные контуры в сторону понижения их частоты. При этом критерием правильности настройки будут служить увеличение числа раздельно видимых вертикальных полос на центральном клине испытательной таблицы и увеличение числа различимых градаций яркости на горизонтальной градуированной полоске полутонов. Перестройку контуров нельзя доводить до появления на изображении полос от звукового сопровождения, а если это произошло, необходимо перестраиваемый контур вернуть в такое положение, при котором полосы пропадут полностью, и дальнейшую настройку производить одним из оставшихся ненастроенных контуров.

Поскольку при отсутствии приборов нельзя указать момента оптимальной настройки радиоканала, радиолюбитель должен сам определить момент, когда небольшие отклонения настроек всех контуров не вызывают улучшения изображения. При настройке телевизора по указанной методике удается получить четкость по таблице до 400 строк.

Стабильность радиоканала

Стабильность радиоканала является одним из важнейших эксплуатационных показателей телевизора, поэтому в процессе настройки телевизора необходимо принять все меры, исключающие нестабильность или склонность радиоканала к самовозбуждению.

При наличии свип-генератора стабильность полностью настроенного радиоканала проверяют, прикасаясь поочередно отверткой к так называемым «холодным» точкам, т. е. к таким, которые теоретически должны быть надежно развязаны по высокой частоте. К ним относятся выводы экранирующих сеток ламп УПЧ, выводы катодов и антидинатронных сеток, «холодные» концы анодных и сеточных контуров, выводы накала ламп. Если при касании к этим точкам форма кривой, наблюдаемая на экране свип-генератора, не изменяется или изменяется едва заметно, значит канал устойчив. Если же при касании к «холодным» точкам форма характеристики радиоканала резко изменяется или радиоканал самовозбуждается, необходимо принять меры, исключающие такую неустойчивость. Ниже описаны некоторые способы повышения устойчивости радиоканала.

Выбор точки соединения с шасси развязывающих (блокировочных) конденсаторов в цепи питания экранирующих сеток и анодов ламп УПЧ позволяет увеличить стабильность радиоканала в несколько раз. Очень часто оказывается выгодным соединять «земляной» конец этих конденсаторов не с шасси или заземленной шиной, а с катодом лампы. Выбор наилучшей точки соединения с шасси произ-

водят последовательно пробами, каждый раз проверяя по свип-генератору результат очередной перепайки.

В цепях развязок каналов УПЧ и УВЧ телевизора решающей является не величина емкости развязывающего конденсатора, а величины его паразитной индуктивности и площади излучения. Исходя из этого, можно рекомендовать применять в этих цепях исключительно конденсаторы типов КДС или КТК емкостью 3 300 или 6 800 *пф*.

При применении трубчатых конденсаторов заземлять нужно наружную обкладку, помеченную черной или темно-коричневой точкой. Дисковые конденсаторы нужно монтировать так, чтобы их «горячая» поверхность была обращена в сторону шасси.

Излучение видеодетектора и его цепей также является частой причиной неустойчивой работы радиоканала. Признаком такого излучения является резкое изменение формы частотной характеристики УПЧ при касании отверткой «холодных» точек видеодетектора или припаивании к «горячему» концу детектора небольшой антенны в виде вертикального проводника длиной 3—5 *см*.

При изучении необходимо экранировать детектор и все входящие в его схему детали, включая корректирующие дроссели и контур (с помощью экрана-коробочки, который можно изготовить из белой жести или латуни). Экран необходимо тщательно заземлить. В случае необходимости в нем можно просверлить отверстия для настройки контура без снятия экрана.

Если неустойчивой «холодной» точкой является вывод нити накала одной или нескольких ламп радиоканала, необходимо в цепи накала всех ламп включить разделительные дроссели, представляющие собой однослойные бескаркасные катушки из 15—20 витков эмалированного провода диаметром 0,5—0,7 *мм*. Наматывать эти дроссели можно на обычном карандаше виток к витку. При введении дросселей совершенно необходимо надежно «развязать» выводы накала ламп с помощью конденсаторов, так как без этого устойчивость работы телевизора резко понизится.

Блок синхронизации

Блок синхронизации телевизора обычно содержит схему отделения синхроимпульсов от видеосигнала, схему разделения строчных и кадровых синхроимпульсов и схемы формирования выделенных синхроимпульсов. Помимо этих обязательных элементов, в разных телевизорах встречается один или несколько каскадов усиления синхроимпульсов.

Отделение синхроимпульсов от общего телевизионного сигнала может быть легко осуществлено благодаря различию их амплитуд. Известно, что синхроимпульсы по амплитуде превышают уровень бланкирующих импульсов и, тем более, уровень видеосигналов. Для отделения синхроимпульсов полный телевизионный видеосигнал можно подводить к управляющей сетке лампы амплитудного селектора, рабочая точка которого выбрана так, что лампа заперта большим отрицательным смещением в течение всего времени, за исключением моментов прохождения синхроимпульсов. При этом в анодной цепи будут возникать только импульсы, обусловленные отпиранием лампы в моменты прохождения синхроимпульсов, а при прохождении остальных сигналов анодный ток лампы будет равен нулю.

Запирающее напряжение на сетке лампы амплитудного селектора должно быть жестко связано с уровнем полного телевизионного сигнала и меняться синхронно с изменением последнего. В противном случае при уменьшении телевизионного сигнала даже импульсы синхронизации не смогут отпереть лампу селектора, а при увеличении уровня видеосигнала селектор будет отпираться не только синхроимпульсами, но и бланк-сигналом и сигналом от наиболее черных мест изображения. Из этого требования вытекает необходимость осуществления автоматического смещения на сетке амплитудного

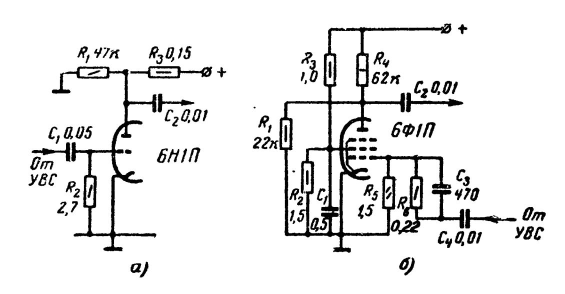


Рис. 5-28 Типовые схемы амплитудных селекторов, собранных на триоде (*а*) и пентоде (*б*).

селектора, пропорционального приходящему сигналу. Такое смещение достигается включением в цепь управляющей сетки лампы селектора резистора с большим сопротивлением (порядка нескольких мегом) и разделительного конденсатора, который будет заряжаться напряжением, возникающим на резисторе утечки сетки за счет сеточного тока.

Практические схемы амплитудных селекторов приведены на рис. 5-28. Безразлично, на какой лампе — триоде или пентоде — собирать селектор. При выборе лампы нужно стремиться к уменьшению общего числа ламп (путем использования сдвоенных ламп). Так, при использовании в УПЧ звука пентодных частей ламп 6Ф1П амплитудный селектор можно собрать на триодной части одной из этих ламп. Но предпочтение можно отдать схеме на пентоде, имеющем меньшую проходную емкость и, как правило, бо́льшую крутизну характеристики.

Налаживание амплитудного селектора при наличии осциллографа сводится к подбору такого напряжения на аноде его лампы, при котором обеспечивается четкая отсечка телевизионного сигнала при любых его уровнях. Этот подбор осуществляется изменением сопротивлений резисторов, образующих делитель анодного напряжения.

Схемы разделения синхроимпульсов на строчные и кадровые построены на использовании различия в частотах их следования. Чаще всего для разделения синхроимпульсов используют интегрирующие и дифференцирующие *RC*-цепочки, служащие одновременно для формирования импульсов. На рис. 5-29 приведена типовая схема разделения и формирования синхроимпульсов. Низкочастотные кадровые синхроимпульсы не пройдут через цепочку последовательно включенных конденсаторов малой емкости и не создадут заметного

напряжения на выходе дифференцирующей схемы. Точно так же высокочастотные строчные синхроимпульсы получают многократное ослабление в звеньях интегрирующей цепи и будут практически отсутствовать на ее выходе.

Для увеличения уровня сигналов синхронизации часто применяют одноламповые усилители на триодах. Схема такого селектора с усилением строчных синхроимпульсов приведена на рис. 5.-30. В ней использованы лампы 6Н1П, однако с одинаковым успехом можно применить и триодные части ламп 6Ф1П, если в других каскадах те-

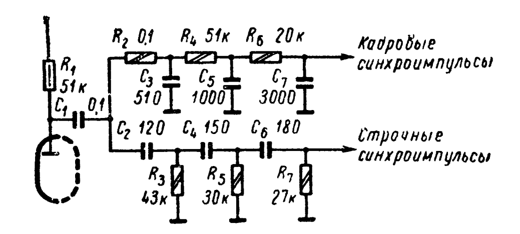


Рис. 5-29. Схема разделения и формирования импульсов синхронизации.

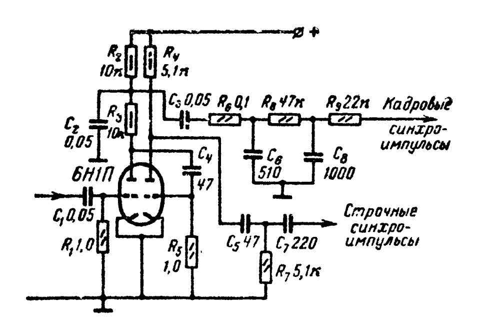


Рис. 5-30. Схема селектора с усилением выделенных строчных синхроимпульсов.

левизора используются их пентодные части. Эту схему можно рекомендовать для любительских телевизоров 3-го и 2-го классов.

Синхронизация задающих генераторов блока разверток может осуществляться либо непосредственно выделенными и сформированными синхроимпульсами, либо с помощью специальных, так называемых инерционных схем или схем с автоподстройкой генерируемой частоты. Схемы синхронизации непосредственно выделенными синхроимпульсами весьма просты, не требуют никакой регулировки и обеспечивают вполне удовлетворительную синхронизацию при достаточном уровне сигнала и отсутствии интенсивных промышленных

помех. Эти схемы можно рекомендовать для использования в любительских телевизорах 3-го и 2-го классов.

Для телевизоров 1-го класса, а также для телевизоров всех классов при неблагоприятных условиях приема (слабый сигнал, сильные помехи и т. п.) лучше применять схемы с автоподстройкой частоты

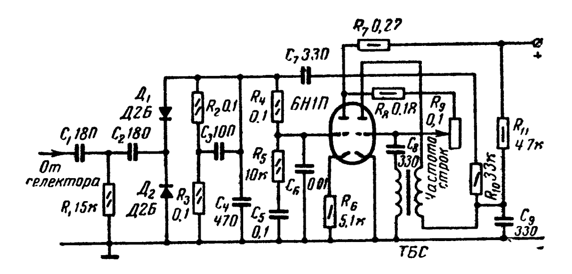


Рис. 5-31. Схема инерционной строчной синхронизации.

задающих генераторов или помехозащищенные системы синхронизации.

В схеме инерционной строчной синхронизации, приведенной на рис. 5-31, управляющее напряжение для генератора строчной развертки вырабатывается в результате сравнения частоты и фазы выделенных селектором синхроимпульсов и импульсов напряжения, вырабатываемых выходным каскадом строчной развертки. Схема построена так, что величина и полярность управляющего напряжения в любой момент противодействуют появлению и росту разности частот, генерируемых задающим генератором строчной развертки, и частот приходящих синхроимпульсов. Практически это означает, что если частота задающего генератора в телевизоре почему-либо увеличилась, то управляющее напряжение будет воздействовать на задающий генератор таким образом, чтобы генерируемая им частота понизилась. Эта схема достаточно проста и эффективна. Кроме того, она обладает повышенной помехозащищенностью, поскольку управляющее напряжение в силу инерционности схемы вырабатывается не мгновенно, а после сравнения некоторой последовательности импульсов, в результате чего отдельные импульсные помехи не могут выбить задающий генератор из синхронизма. В то же время схема

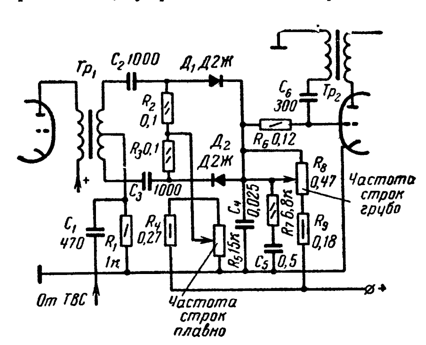


Рис. 5-32. Усовершенствованная схема автоподстройки частоты строк.

не лишена и некоторых недостатков — узкий диапазон удержания синхронизма и необходимость обязательного предварительного усиления синхроимпульсов, для того чтобы диоды $Д_1$ и $Д_2$ схемы сравнения работали на линейном участке своей вольт-амперной характеристики.

Схема автоподстройки частоты строк, изображенная на рис. 5-32, является дальнейшим развитием предыдущей схемы и применяется в ряде современных промышленных телевизоров (например, «Темп-6»). Устойчивая синхронизация изображения при применении этой схемы сохраняется при изменениях уровня видеосигнала на ±70% среднего значения и колебаниях напряжения питающей сети от +5 до —20%. Несмотря на сложность и наличие импульсного трансформатора, эта схема может быть рекомендована радиолюбителям для использования в телевизорах 1-го и 2-го классов.

Блок строчной развертки

Блок строчной развертки современного телевизора можно считать в достаточной мере совершенным, поэтому в большинстве телевизоров применяются одинаковые схемы различающиеся лишь несущественными деталями.

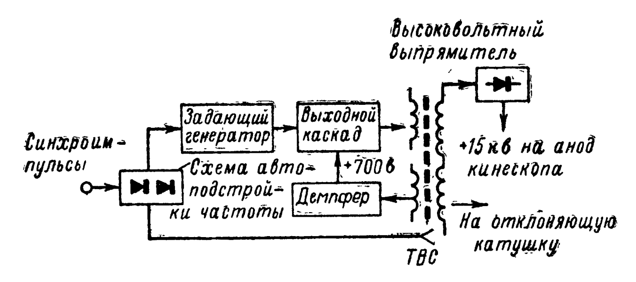


Рис. 5-33. Блок-схема строчной развертки для телевизоров 1-го и 2-го классов.

Блок-схема строчной развертки (рис. 5-33) содержит задающий генератор (может быть собран по схеме блокинг-генератора или мультивибратора), мощный выходной каскад, а также два диода, играющих вспомогательную роль. Первый, так называемый демпферный диод (демпфер) предназначен для подавления собственных колебаний, возникающих в резонансной цепи. Эта цепь образуется индуктивностями выходного трансформатора строк (ТВС), отклоняющей системы и регулятора размера строк вместе с распределенными межвитковыми емкостями и емкостями монтажа. При работе демпферного диода образуется постоянное напряжение порядка 400 *в*. Это напряжение складывается с основным анодным напряжением, подводимым к генераторной лампе блока развертки. В результате такого сложения к аноду выходной лампы строчной развертки оказывается приложенным напряжение порядка 600—700 *в*, что резко повышает к. п. д. схемы и позволяет получить весьма значительную мощность отклоняющего тока.

Второй диод (высоковольтный выпрямитель) предназначен для выпрямления импульсов высокого напряжения, образующихся на повышающей обмотке выходного трансформатора строк во время обратного хода развертки. Выпрямленное и отфильтрованное высокое напряжение используется в качестве ускоряющего напряжения на первом аноде кинескопа.

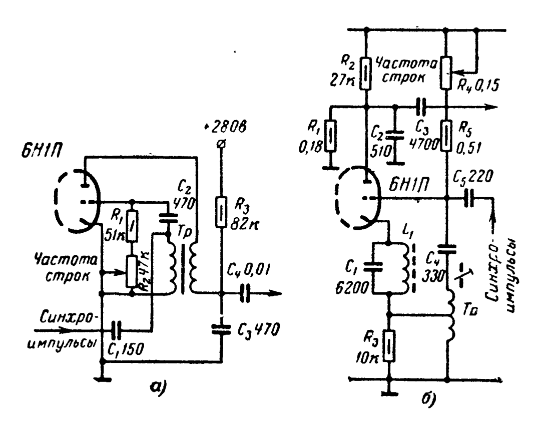


Рис. 5-34. Задающий блокинг-генератор строчной развертки.

а — схема с трансформатором; *б* — схема с автотрансформатором и стабилизирующим «звенящим» контуром.

Задающий генератор строчной развертки по схеме блокинг-генератора (рис. 5-34) широко применяется как в промышленных, так и в любительских телевизорах. Это объясняется простотой схемы и

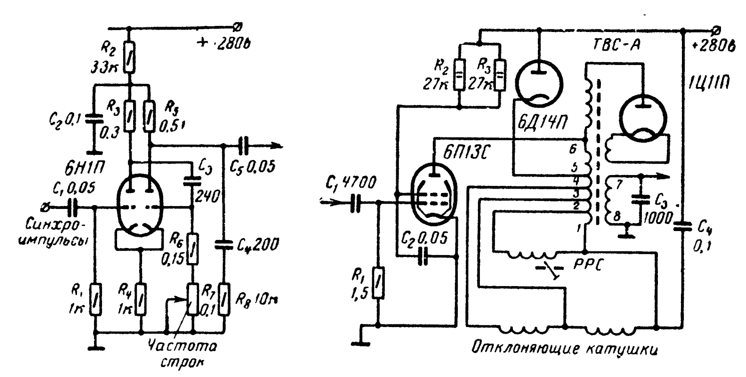


Рис. 5-35. Задающий генератор строк по схеме мультивибратора.

Рис. 5-36. Типовая схема оконечного каскада строчной развертки.

хорошей формой выходного напряжения, позволяющей сравнительно легко получить необходимый размах отклоняющего тока при хорошей линейности изображения. Кроме того, блокинг-генератор сравнительно легко синхронизируется и мало чувствителен к помехам.

В схеме хорошо работают триоды 6Н1П, 6Н3П, 6Ф1П, однако с точки зрения надежности лучше всего использовать лампу 6Н1П.

Задающий генератор по схеме мультивибратора изображен на рис. 5-35. Эта схема также очень проста, но в отличие от предыдущей содержит два триода. К достоинствам схемы относятся отсутствие специального трансформатора (что существенно при самостоятельном изготовлении деталей) и высокая надежность. Кроме того, схема не требует никакой регулировки и может обеспечить высокую линейность отклоняющего тока.

К недостаткам схемы можно отнести несколько худшую синхронизацию и бóльшую чувствительность к импульсным помехам. Схему мультивибратора можно рекомендовать в случае отсутствия готового трансформатора блокинг-генератора и при наличии в телевизоре лишнего триода.

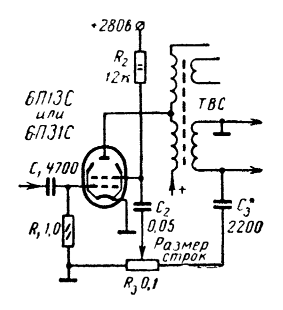


Рис. 5-37. Схема регулировки размера строк с помощью отрицательной обратной связи по экранирующей сетке.

Для телевизоров с ограниченным числом ламп и при наличии готового фабричного трансформатора лучше собрать задающий генератор по схеме блокинг-генератора.

Типовая схема оконечного каскада строчной развертки с возвратом энергии демпфера приведена на рис. 5-36. Эту схему можно рекомендовать для всех телевизоров с кинескопами, имеющими угол отклонения луча 110°, независимо от размера экрана и класса телевизора, но для этой схемы необходимо использовать отклоняющую систему (ОС) и ТВС от промышленных телевизоров. Сделать эти узлы в любительских условиях практически невозможно из-за сложной конфигурации отклоняющих катушек и необходимости применения специальных ферритовых и других деталей, изготавливаемых методом литья под давлением или путем прессования. В схеме применен индуктивный регулятор размера строк (РРС).

Оконечный каскад без индуктивного регулятора размера строк можно собрать, используя приведенную на рис. 5-37 схему регулировки размера с обычным мастичным потенциометром. В этой схеме регулирование размера осуществляется за счет отрицательной обратной связи по экранирующей сетке оконечной лампы. К достоинствам схемы относятся ее простота и отсутствие каких бы то ни было специальных деталей.

Другая схема регулирования размера изображения приведена на рис. 5-38. Здесь размер изображения регулируется путем изменения величины питающего напряжения, которое меняется из-за введения в цепь питания оконечной лампы добавочных гасящих резисторов. Коммутация вводимых резисторов осуществляется многопозиционным переключателем типа ПУМ.

К недостаткам схемы относятся необходимость применения специального переключателя и мощных гасящих резисторов, а также

невозможность точного и плавного регулирования размера изображения (размер изображения меняется скачками). Достоинство схемы — постоянство режима оконечной лампы и величины рассеиваемой этой лампой мощности.

Выбор типа лампы для оконечного каскада строчной развертки в значительной мере определяет надежность и стоимость телевизора. Это объясняется тем, что лампа в этом каскаде работает в наиболее тяжелом и напряженном режиме как электрическом, так

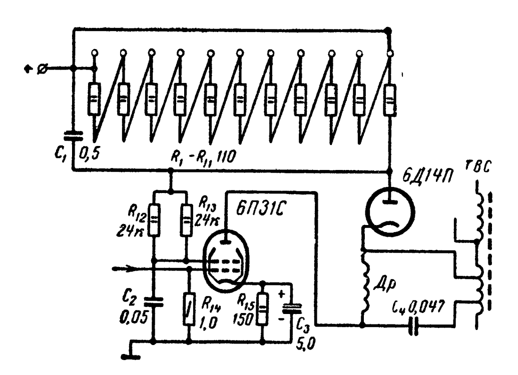


Рис 5-38. Схема регулировки размера строк с помощью ступенчатого изменения анодного напряжения генераторной лампы.

и тепловом. Большие импульсные и постоянные напряжения на ее электродах (600—800 *в* постоянного и 4 — 6 *кв* импульсного напряжения), а также большие (порядка 15—20 *вт*) мощности рассеяния заставляют применять специальные мощные лампы.

В настоящее время наиболее употребительны лампы типов 6П13С, 6П31С (EL-36) и 6П36С (EL-500). Первую из них в конструируемых телевизорах лучше не применять, так как она имеет довольно низкую надежность. Особенно часто эта лампа выходит из строя в результате нарушения контакта в выводах накала, что в ряде случаев удается устранить тщательной пропайкой соответствующих ножек цоколя.

Лампу 6П36С как наиболее дорогую целесообразно применять в телевизорах 1-го и 2-го классов.

В любительских условиях можно повысить надежность оконечного каскада строчной развертки, применив генераторный пентод типа ГУ-50, у которого номинальное анодное напряжение составляет 1000 *в*, а допустимая величина тока катода составляет 230 *ма*. При использовании этой лампы коэффициент использования может быть снижен до 0,7—0,75, что резко повысит надежность телевизора в целом. При использовании этой лампы необходимы специальная накальная обмотка (на напряжение 12,6 *в*) и специальная ламповая панелька.

Режим работы оконечной лампы строчной развертки существенно влияет на срок ее службы. Наиболее губи-

тельны даже незначительная перегрузка экранирующей сетки и недокал. Для повышения долговечности лампы можно рекомендовать не допускать на экранирующей сетке напряжения свыше +125 *в* для всех перечисленных ламп, а напряжение накала поддерживать на уровне от 3 до 5% выше номинального (6,5 и 130 *в* соответственно). Не менее важно обеспечить эффективное охлаждение баллона лампы, что достигается соответствующим размещением ее на шасси и применением дополнительных специальных мер (сверление отверстий вокруг панельки, охлаждение пластмассового цоколя с помощью радиаторов и т. п.).

Защита оконечной лампы от выхода из строя при неисправностях в схеме задающего генератора необходима. Это вызвано тем, что оконечная лампа работает при весьма большом напряжении смещения, получаемом за счет сеточного тока. Если же напряжение раскачки на сетке почему-либо пропадает (что случается при неисправностях в схеме задающего генератора), то ток через лампу возрастает в несколько раз, достигая в некоторых случаях 1 000 *ма*, в результате чего лампа выходит из строя за несколько десятков секунд.

Наиболее простой и эффективный способ защиты оконечной лампы — включение в разрыв ее катода предохранителя на 250—300 *ма*.

Выходной трансформатор строчной развертки обычно изготовляется радиолюбителем по одному из многочисленных описаний, поэтому мы не будем останавливаться на его конструкции и особенностях. Отметим лишь, что независимо от типа и конструкции трансформатора необходимо тщательно изолировать его сердечник от шасси во избежание пробоя первичной обмотки на корпус, но в то же время обязательно соединив сердечник трансформатора с шасси через резистор сопротивлением 3,0—5,0 *Мом*. Без этого на сердечнике накапливается статический заряд, приводящий к периодическому разряду сердечника на шасси.

Весьма важно защитить ТВС от оседания на нем пыли, так как слой пыли легко пробивается высоким напряжением и может привести к выходу из строя трансформатора; нужно обеспечить также эффективное охлаждение трансформатора путем естественной вентиляции. Для удовлетворения этих противоречивых требований нужно закрыть строчный отсек телевизора металлическим кожухом с частой перфорацией.

Все пайки на строчном трансформаторе должны быть выполнены исключительно аккуратно и иметь шарообразную или каплевидную форму, поскольку любой острый угол, наплыв олова или торчащий волосок провода являются в электростатическом поле большой напряженности источником стекания заряда, могущим вызвать электрический пробой.

Следует помнить, что близость заземленных деталей (экранов, крепежных болтов, различных стоек и др.) к ТВС и лампе оконечного каскада может явиться причиной возникновения около них коронного разряда (голубоватого свечения, отчетливо видного в полной темноте), который является источником помех.

Магнитострикционное возбуждение сердечника ТВС свойственно многим типам трансформаторов. Особенно подвержены этому явлению трансформаторы ТВС-А и ТВС-Б, применяемые в большинстве фабричных телевизоров с кинескопами с углом отклонения луча 70° («Рубин», «Темп-3», «Рекорд» и др.). Это явление проявляется в своеобразном «писке» сердечника с частотой

порядка 15 *кгц* через некоторое время после включения телевизора. Оно объясняется явлением магнитострикции, возникающим в сердечнике ТВС под влиянием сильного магнитного поля строчной частоты. Для борьбы с этим явлением нужно изменить механическое напряжение внутри сердечника, что легко сделать, затянув или ослабив крепежные болты (или скобу), стягивающие сердечник трансформатора. В отдельных случаях, если эта мера не помогает, можно создать дополнительное механическое напряжение в сердечнике путем небольшого искусственного перекоса, для чего достаточно ослабить стяжные болты или скобы, подложить под одну сторону сердечника небольшой клинышек из текстолита или прессшпана толщиной 0,5—1,0 *мм* и вновь стянуть сердечник.

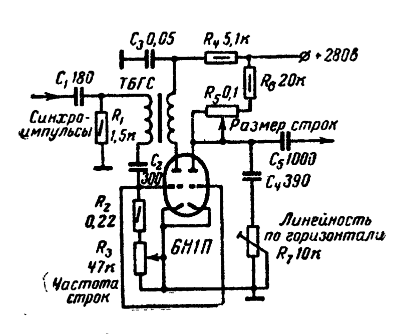


Рис. 5-39 Схема регулировки линейности за счет изменения формы напряжения раскачки оконечной лампы.

Регулирование линейности по горизонтали может осуществляться несколькими способами, из которых наиболее употребительны два. Первый способ, электрический, обычно применяется при наличии в схеме задающего генератора и разрядной лампы. Одна из таких схем приведена на рис. 5-39.

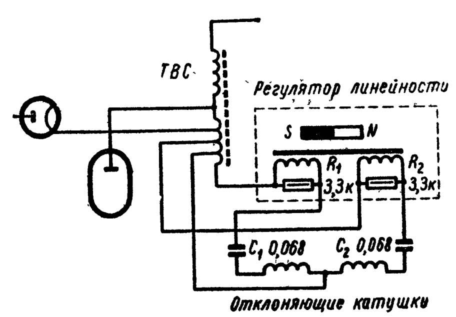


Рис. 5-40. Схема регулировки линейности изображения по горизонтали в цепи строчных отклоняющих катушек.

Второй способ состоит в том, что в цепь отклоняющих катушек включают последовательно две небольшие катушки индуктивности (обычно на ферритовых сердечниках), возле которых помещают небольшой подвижной постоянный магнит. Изменяя положение магнита относительно этих катушек, изменяют в некоторых пределах их индуктивность и, следовательно, реактивное сопротивление, что приводит к различным токам через строчные отклоняющие катушки и,

следовательно, к различным геометрическим размерам правой и левой половин растра. Схема регулятора такого типа приведена на рис. 5-40.

Схема на рис. 5-39 несколько более сложна, однако она позволяет в больших пределах и более гибко изменять линейность изображения.

В любительских телевизорах можно с одинаковым успехом применять и ту, и другую схемы, а в телевизорах 1-го класса целесообразно совместить их.

Линейность растра в центральной части можно регулировать, изменяя в некоторых пределах сопротивление разрядного резистора, однако при этом одновременно придется каким-либо другим элементом схемы соответственно изменять частоту задающего генератора.

Высоковольтный выпрямитель

Высокое напряжение для питания кинескопа в подавляющем большинстве случаев получают путем выпрямления импульсов высокого напряжения, возникающих на первичной и дополнительной повышающей обмотках строчного трансформатора во время обратного хода луча кинескопа.

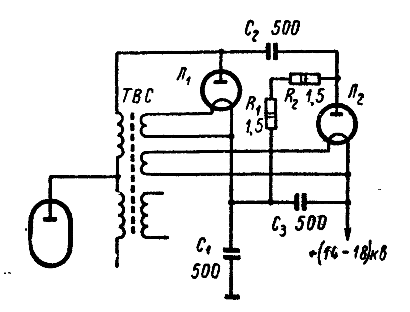


Рис. 5-41. Схема высоковольтного выпрямителя с удвоением напряжения.

Существуют схемы непосредственного выпрямления и схемы выпрямления с удвоением или утроением выпрямленного напряжения. Первые применяют при необходимости получения небольших выпрямленных напряжений (до 10—12 *кв*) и лишь с высококачественными узлами строчной развертки (прежде всего ТВС).

При самостоятельном изготовлении моточных узлов не удается добиться величины обратного хода менее 12—14%, поэтому высокое напряжение (при непосредственном выпрямлении) получается обычно не более 8—9 *кв*, чего недостаточно для большинства кинескопов. Поэтому при самостоятельном изготовлении моточных узлов лучше применять схему удвоения, приведенную на рис. 5-41. В этом случае, правда, придется использовать два высоковольтных кенотрона вместо одного и намотать отдельную обмотку для накала нити второго кенотрона.

В качестве выпрямительных элементов для высоковольтного выпрямителя применяют вакуумные кенотроны, наиболее распространенными из которых являются 1Ц1С, 1Ц11П и 3Ц18П.

Первые два кенотрона имеют специфический недостаток: при больших величинах напряжения на аноде силы электростатического притяжения анода оказываются достаточными для притягивания нити накала, в результате чего в лампах 1Ц1С нить накала рвется, а в лампах 1Ц11П растягивается и замыкается на анод.

Лампа 3Ц18П свободна от этих недостатков.

Когда в телевизоре применяется трансформатор типа ТВС-А или ТВС-Б, рассчитанный на кенотрон 1Ц11П, лучше перемотать накальную обмотку и вместо кенотрона 1Ц11П поставить 3Ц18П.

При применении кенотрона 1Ц11П необходимо расположить ТВС таким образом, чтобы кенотрон работал в вертикальном положении (опасность провисания его нити накала при этом будет минимальной).

Вместо кенотрона 1Ц1С лучше применять кенотрон 1Ц7С как более долговечный и надежный. Такая замена производится без каких бы то ни было перепаек и изменений в схеме и цоколевке.

Фильтры для высоковольтного выпрямителя существенно отличаются от фильтров для выпрямителей питания. Это вызывается, во-первых, ничтожным током нагрузки (измеряемым микроамперами и редко превышающим 1 *ма*) и, во-вторых, высокой частотой пульсации (около 16 *кгц*). Эти обстоятельства позволяют заменить дроссель фильтра обычным резистором, а емкость конденсаторов фильтра уменьшить до 500—1 000 *пф*.

Емкость колбы цельностеклянного кинескопа оказывается вполне достаточной для того, чтобы вообще отказаться от применения конденсатора в фильтре выпрямителя.

В фильтре высоковольтного выпрямителя рекомендуется применять конденсатор типа КОБ емкостью 500 *пф* на рабочее напряжение 20 *кв*. В качестве резистора фильтра нужно применять только двухваттные резисторы типа ВС, причем лучше всего включить последовательно два или даже три таких резистора, так как при одном резисторе возможен поверхностный пробой между соседними канавками на корпусе резистора.

Все детали фильтра лучше всего смонтировать внутри коробочки, склеенной из плексигласа, и хорошо изолировать от шасси и других узлов телевизора.

Блок кадровой развертки

Блок кадровой развертки включает в себя в простейшем случае задающий генератор и оконечную усилительную лампу. В качестве задающих генераторов, так же как и в строчной развертке, применяют либо блокинг-генератор, либо мультивибратор. Поскольку все соображения о выборе схемы задающего генератора, приведенные при описании строчной развертки, остаются в силе и для кадровой развертки, ограничимся приведением типовых схем того и другого типов задающих генераторов (рис. 5-42).

Оконечный каскад в схеме кадровой развертки в большинстве случаев собирают на пентоде или лучевом тетроде.

В промышленных телевизорах последних выпусков применяют исключительно триод-пентоды 6Ф3П и 6Ф5П, специально разработанные для этой цели. Но радиолюбителям не следует применять в своих телевизорах эти лампы. Дело в том, что пентодные части сдвоенных ламп имеют небольшую поверхность анода, а мощность, которая рассеивается на них, значительна Это приводит к интенсивному нагреву анода, причем охлаждаться путем лучеиспускания анод пентода может лишь в одну сторону (с другой, внутренней, стороны он экранирован анодом триода). В результате перегрева анода значительная часть тепла излучается внутрь лампы, вызывая в свою

очередь перегрев управляющей сетки. С сетки начинают излучаться вторичные электроны, вызывающие сеточный термоток, который приводит к нарушению режима работы лампы. В результате линейность изображения нарушается и появляется типичный для этих ламп «заворот» изображения снизу. Поэтому оконечный каскад кадровой раз-

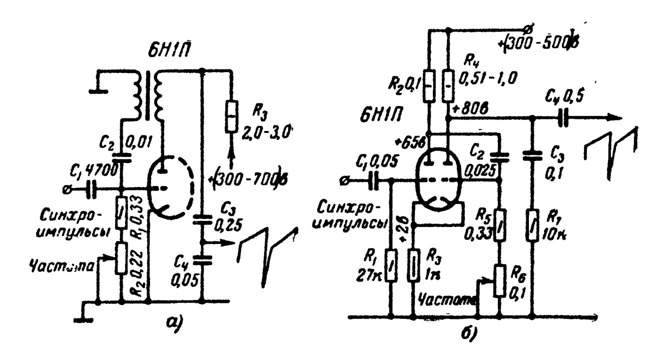


Рис. 5-42. Схемы блокинг-генератора (*а*) и мультивибратора (*б*) для кадровой развертки.

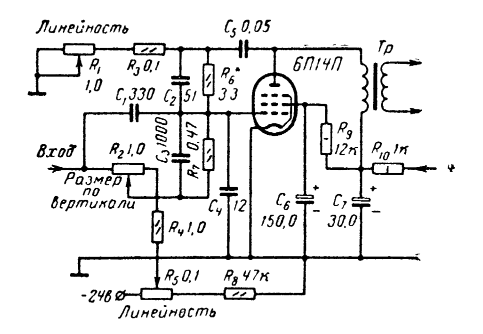


Рис. 5-43. Типовая схема оконечного каскада кадровой развертки на лампе 6П14П.

вертки лучше собирать на более мощной отдельной лампе — 6П14П или 6П18П.

Типовая схема оконечного каскада кадровой развертки на лампе 6П14П приведена на рис. 5-43. Эта схема с одинаковым успехом может обеспечить необходимый размер и линейность изображения по вертикали на всех современных кинескопах с углом отклонения луча как 70, так и 110° вплоть до кинескопов с диагональю экрана 59 *см*, поэтому мы рекомендуем эту схему для любительских телевизоров всех классов, кроме 1-го.

Для телевизоров 1-го класса в схеме необходимо предусмотреть стабилизацию вертикального размера изображения (при изменениях

питающего напряжения и сопротивления кадровых отклоняющих катушек от прогрева).

Линейность изображения в нижней части растра определяется линейностью пилообразного отклоняющего тока в начале периода и, следовательно, связана с правильностью воспроизведения первой гармоники отклоняющего тока. Кроме того, поскольку на первые три гармоники отклоняющего тока приходится основная электрическая мощность развертки в период прямого хода луча, линейность растра в нижней части зависит также от выбора рабочей точки лампы и отдаваемой лампой неискаженной мощности.

Из сказанного вытекают требования к схеме оконечного каскада кадровой развертки. Это прежде всего обеспечение такого режима выходной лампы, при котором она отдавала бы максимальную неискаженную выходную мощность, но без превышения допустимых напряжений, токов и мощностей рассеяния и при таком коэффициенте использования, который обеспечивал бы достаточные надежность и долговечность.

Весьма критичным является выбор исходной рабочей точки лампы, чем нередко пользуются для регулирования линейности в нижней части изображения, вводя специальный регулятор линейности в цепи смещения управляющей сетки (потенциометр R_5 в схеме на рис. 5-38).

Наконец, необходимо, чтобы переходные конденсаторы, а также развязывающие конденсаторы в цепях экранирующей сетки, анодного фильтра и цепи смещения (особенно автоматического) имели достаточную емкость, чтобы не «заваливать» первую гармонику отклоняющего тока.

Линейность изображения в верхней части растра определяется в основном правильностью воспроизведения высших гармоник отклоняющего тока, поэтому принцип регулировки линейности в верхней части изображения несколько напоминает регулировку тембра по высоким частотам в усилителях низкой частоты.

В схеме, приведенной на рис. 5-43, нет отдельного регулятора линейности верхней части растра, поскольку обычно такую регулировку приходится делать лишь однажды, при налаживании телевизора. Для такой первичной регулировки в схеме имеются три конденсатора: C_2, C_3 и C_4. Изменяя в небольших пределах их емкости, можно добиться того, чтобы нелинейность изображения не превышала 5—7%, чего достаточно даже для телевизора 1-го класса.

Регулировку линейности можно производить по тест-таблице, однако при этом нужно учитывать, что передаваемая телецентром таблица имеет некоторую нелинейность за счет искажений блока разверток на передающем конце. Поэтому регулировку линейности рекомендуется производить не по тест-таблице, а с помощью специальных генераторов шахматного или сетчатого поля (например, прибор типа ГИТС-1).

Регулятор линейности (R_1) в схеме на рис. 5-43 построен по принципу так называемого «перекачивания» изображения. Величины элементов схемы выбираются такими, чтобы наилучшая линейность изображения получалась при среднем положении этого регулятора. Тогда при вращении регулятора в одну сторону высшие частоты будут ослабляться в большей степени, чем нижние, но одновременно уменьшится действие отрицательной обратной связи, что приведет к увеличению общего размера изображения. Это положение регулятора соответствует сжатию изображения в верхней части растра. При

вращении регулятора из среднего положения в противоположную сторону высокие частоты будут ослабляться меньше, но зато глубина отрицательной обратной связи увеличится, что приведет к уменьшению общего размера изображения и одновременному растягиванию верхней части растра

Таким образом, вращая регулятор в одну сторону, мы как бы изменяем линейность верхней части, «перекачивая» изображение вниз, а при вращении регулятора в другую сторону растягиваем

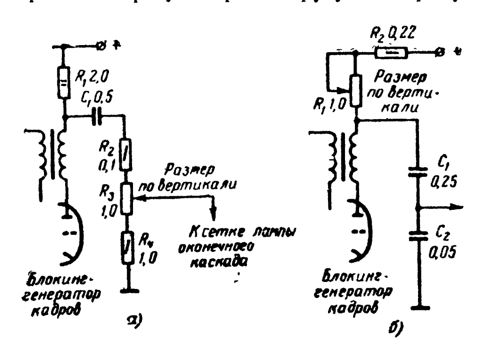


Рис. 5-44. Схемы регуляторов размера изображения по вертикали путем изменения напряжения на сетке оконечного каскада (*а*) и путем изменения питающего напряжения (*б*).

верхнюю часть изображения, т. е. «перекачиваем» изображение вверх.

Регулирование размера изображения по вертикали может осуществляться различными способами.

На схеме на рис. 5-38 регулировка размера осуществляется с помощью потенциометра R_2. К достоинствам этой схемы относятся независимость линейности изображения от размера и неизменность рабочего режима оконечной лампы и лампы задающего каскада. Эта хорошая схема является не единственно возможной в радиолюбительской практике. На рис 5-44 приведены еще две схемы регуляторов размера изображения.

Для повышения линейности и размера изображения по вертикали нужно увеличивать линейный участок пилообразного напряжения, получаемого от задающего генератора. Самый радикальный способ — увеличение напряжения в зарядной цепи, формирующей «пилу».

В телевизорах, использующих возврат энергии демпфирования строчной развертки, имеется возможность увеличить размер и улучшить линейность изображения по вертикали, если задающий каскад кадровой развертки питать не от плюса общего выпрямителя питания (280—300 *в*), а от цепи «подпитки» строчной развертки, напряжение которой обычно составляет 600—750 *в* В этом случае схема задающего генератора кадров остается неизменной, а сопротивление зарядного резистора, включаемого обычно в анодную цепь блокинг-генератора кадров, соответственно увеличивается.

Изменение размера изображения по вертикали в процессе передачи имеет место во всех телевизорах, не имеющих специальных мер защиты от этого явления. Объясняется это тем, что кадровые отклоняющие катушки в холодном состоянии имеют некоторое определенное сопротивление, которое определяет величину отклоняющего тока в первый момент включения телевизора. Если сразу же после включения телевизора установить соответствующей ручкой нормальный размер изображения по вертикали, то через некоторое время (30—60 *мин*) за счет выделения тепла в отклоняющей системе кадровые катушки нагреются, их активное

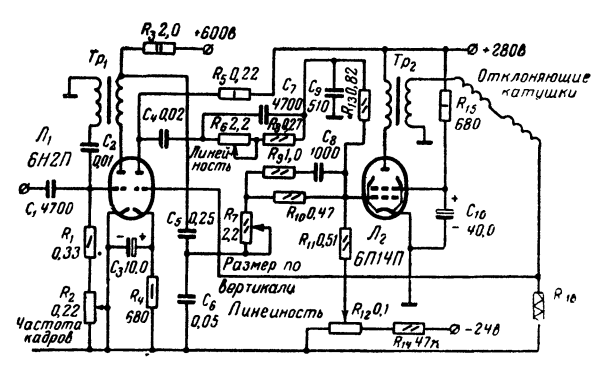


Рис. 5-45. Схема стабилизации размера по вертикали на лампе 6Н2П.

сопротивление возрастет, ток через катушки понизится и соответственно уменьшится размер изображения по вертикали. Для борьбы с этим явлением существует несколько способов.

Самый простой и весьма эффективный способ борьбы с изменением размера изображения вследствие прогрева — включение терморезистора в цепь отклоняющих катушек. Терморезистром называют специальный тип резистора, сопротивление которого в отличие от обычных резисторов уменьшается при нагреве.

Принцип использования терморезистора в схеме стабилизации чрезвычайно прост: в цепь кадровых отклоняющих катушек последовательно включают терморезистор, сопротивление которого при комнатной температуре составляет 15—25% сопротивления холодных кадровых катушек, причем терморезистор лучше всего разместить внутри отклоняющей системы непосредственно на кадровых катушках. При включении телевизора, когда катушки и терморезистор еще холодные, устанавливают нужный размер изображения с помощью соответствующего регулятора. В дальнейшем по мере прогрева отклоняющей системы сопротивление отклоняющих катушек будет возрастать, а сопротивление терморезистора — уменьшаться. Если эти изменения сопротивления будут равны, то величина тока через отклоняющие катушки, а следовательно, и размах отклонения луча будут неизменными.

Если точно подобрать терморезистор не удается, нужно взять терморезистор с возможно большей крутизной характеристики и в

зависимости от характера компенсирующего действия (недокомпенсация или перекомпенсация) включить либо последовательно, либо параллельно с терморезистором обычный постоянный резистор, подобрав опытным путем его сопротивление.

Во всех случаях при использовании терморезистора необходимо, чтобы схема кадровой развертки обеспечивала первоначальный размер изображения, на 40—60% превышающий номинальный, без заметного увеличения нелинейности, поскольку при введении терморезистора начальный размер изображения по сравнению с нестабилизированной схемой заметно уменьшается.

При отсутствии терморезистора термостабилизацию можно осуществить с помощью лампы. На рис. 5-45 приведена схема кадровой развертки, в которой с помощью лампы 6Н2П осуществляется стабилизация размера изображения по вертикали как от прогрева, так и от изменения напряжения питающей сети. Схема работает по принципу отрицательной обратной связи, причем регулируемым параметром является величина отклоняющего тока в кадровых катушках, являющегося в то же время «датчиком» системы обратной связи.

При соответствующем подборе элементов схемы она обеспечивает отличную стабилизацию, поэтому эту схему можно использовать в телевизорах 2-го и 1-го классов.

Геометрические искажения растра

Геометрические искажения растра зависят от разных причин, поэтому и способы устранения их весьма различны. Ниже мы рассмотрим наиболее существенные из геометрических искажений и дадим рекомендации по их устранению.

Искажения типов «бочка» и «подушка» проявляются в том, что изображение либо слегка «раздуто», либо сжато по горизонтальной и вертикальной центральным линиям (линиям, проходящим через центр экрана), как это показано на рис. 5-46, *а* и *б*. Источником этих искажений является отклоняющая система. В отклоняющих системах, выпускаемых для телевизоров с кинескопами с углом отклонения луча 110°, имеются два или четыре специальных корректирующих магнита, вращением которых можно полностью устранить или свести к минимуму указанные искажения.

В отклоняющие системы более ранних выпусков, а также в самодельные отклоняющие системы можно ввести четыре небольших магнита, укрепив их любым способом на отклоняющей системе как можно ближе к колбе кинескопа (в месте прилегания к ней переднего торца отклоняющей системы). Изменением положения этих магнитов добиваются отсутствия искривления горизонтальных и вертикальных линий тест-таблицы и ликвидации искажений растра типов «бочка» и «подушка».

Искажения типов «трапеция» и «параллелограмм» изображены на рис. 5-46, *в* и *г*. Трапецеидальные искажения являются следствием неидентичности отклоняющих катушек или наличия замкнутого витка (или нескольких витков) в одной из катушек. Эти искажения могут быть устранены только путем замены недоброкачественной катушки или всей отклоняющей системы.

Искажения типа «параллелограмм» вызваны неперпендикулярностью расположения кадровых и строчных отклоняющих катушек

на корпусе отклоняющей системы. Такие искажения могут быть устранены радиолюбителем, однако такой ремонт требует разборки отклоняющей системы

Искривления растра внешними магнитными полями обычно вызываются влиянием на кинескоп постоянного магнитного поля магнитной системы громкоговорителя, переменного магнитного поля с частотой 50 *гц* от трансформатора питания и такого же поля от внешнего феррорезонансного стабилизатора, если он расположен в непосредственной близости от телевизора.

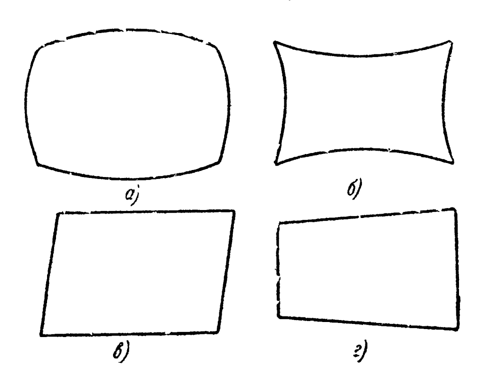


Рис. 5-46. Виды геометрических искажений растра.

Для уменьшения магнитного поля, создаваемого громкоговорителем, нужно применять специальные громкоговорители с магнитным экраном либо устанавливать между громкоговорителем и кинескопом магнитный экран из мягкой стали.

Самый радикальный способ борьбы с внешними магнитными полями трансформатора питания — намотка трансформатора на ленточном сердечнике При использовании трансформатора, намотанного на обычном сердечнике, необходимо, во-первых, отнести трансформатор как можно дальше от колбы и горловины кинескопа и, во-вторых, надеть на трансформатор глухой стальной экран.

Для устранения наводок от феррорезонансного стабилизатора достаточно отнести его на 1,5—2,0 *м* от телевизора.

Блок кинескопа

Блоком кинескопа принято называть ту часть телевизора, в которую входят элементы и детали, предназначенные для обеспечения нужного электрического режима кинескопа, а также регулировочные элементы, воздействующие непосредственно на кинескоп.

Ниже будут рассмотрены вопросы, касающиеся выбора режима кинескопа и допустимых отклонений от него, схемы защиты кинескопа, способы продления срока службы его и др.

Выбор модулируемого электрода в кинескопе произволен, однако возможные варианты имеют свои достоинства и недостатки.

При модуляции на катод, широко применяемой в подавляющем большинстве промышленных телевизоров, весьма просто осуществляется гашение луча, а главное оказывается возможным сигнал с анода оконечной лампы УВС подавать одновременно (и непосредственно) как на кинескоп, так и на селектор синхронизации без изменения его полярности.

Но частотная характеристика УВС при модуляции на катод оказывается сильно зависящей от емкости и сопротивления участка катод — накал кинескопа, имеющих у отдельных кинескопов очень большой разброс. При электрическом пробое катода кинескопа на накал и модуляции на катод (а такие пробои нередки) использовать кинескоп уже нельзя, так как подключающаяся при этом к катоду емкость накальной обмотки трансформатора питания относительно шасси в 10—15 раз сужает полосу пропускания УВС, делая изображение недопустимо искаженным, размазанным и нечетким.

При модуляции кинескопа на сетку в телевизоре необходимо иметь дополнительный каскад между выходом УВС и синхроселектором, чтобы обеспечить положительную полярность видеосигнала на сетке селектора. В промышленных телевизорах серийного производства введение такого дополнительного каскада нецелесообразно, однако в любительских телевизорах оно может быть оправдано, тем более что при этом одновременно улучшается устойчивость синхронизации за счет дополнительного усиления синхросмеси. (Такой фазовращающий каскад имеется в промышленном телевизоре КВН-49; модуляция кинескопа в этом телевизоре осуществляется на сетку).

При модуляции кинескопа на сетку в случае пробоя катода кинескопа на накал характеристика видеоусилителя не нарушится, поскольку катод в этом случае по высокой частоте заземлен через специальный блокирующий конденсатор. При пробое цепи катод — накал у кинескопов с большим экраном может оказаться более выгодным добавить в схему дополнительный фазовращающий каскад на одном триоде и изменить полярность модуляции на кинескопе, чем покупать новый дорогостоящий кинескоп.

Напряжение на ускоряющем электроде (втором аноде) кинескопа в справочниках указывается с большими пределами отклонений. Так, для кинескопов 35ЛК1Б оно допускается в пределах от 9 до 14 *кв*, для кинескопов 43ЛК2Б — от 11 до 15,5 *кв*, для кинескопов 53ЛК1Б — от 14 до 18 *кв* и т. д. Какой же из этих цифр лучше придерживаться?

При работе кинескопа на нижнем пределе напряжения на ускоряющем электроде энергия электронов в луче невелика, и поэтому для получения достаточной яркости необходимо увеличивать количество электронов в луче, т. е. увеличивать ток луча. Увеличение тока луча в свою очередь приводит к более интенсивному использованию активного слоя катода кинескопа и как следствие к более быстрому выходу кинескопа из строя в результате полной или частичной потери эмиссии.

В то же время при низком ускоряющем напряжении скорость электронов в пучке невелика, они дольше находятся в поле отклоняющей системы, благодаря чему размер изображения получается бóльшим при той же мощности схем развертки.

При работе кинескопа на верхнем пределе напряжения на ускоряющем электроде энергия электронов значительно выше, благодаря чему интенсивное свечение кинескопа достигается при значительно меньшем токе луча, что намного улучшает условия эксплуатации

катода и повышает срок службы кинескопа. Кроме того, при большом ускоряющем напряжении электронный луч получается более «жестким» и не испытывает заметной расфокусировки. Это приводит к уменьшению диаметра светящегося пятна на экране кинескопа, что равносильно увеличению разрешающей способности.

Однако при большом ускоряющем напряжении возникает трудность в получении достаточного размера изображения, что в ряде случаев может быть достигнуто только путем применения более мощных оконечных ламп в схемах развертки. Кроме того, с увеличением ускоряющего напряжения увеличиваются трудности в обеспечении надежной изоляции высоковольтных цепей.

Таким образом, с точки зрения долговечности кинескопа и получения наилучшего качества изображения выгодно работать на верхнем пределе ускоряющего напряжения, однако при этом для обеспечения необходимого размера изображения нужно увеличивать мощность, снимаемую с ламп развертки, а также принимать специальные меры для предотвращения замыканий и пробоев в высоковольтных цепях телевизора. Такой режим наиболее целесообразен в дорогих телевизорах с большим экраном, где решающим является качество изображения и имеет значение долговечность кинескопа из-за его высокой стоимости.

Работа с пониженным напряжением на аноде кинескопа целесообразна в дешевых малоламповых телевизорах с небольшим размером экрана, где допустимо некоторое снижение разрешающей способности кинескопа.

Напряжение накала кинескопа в значительной степени определяет срок его службы. Пониженное на 5—10% напряжение накала, разумеется, является лучшей гарантией от перегорания нити накала кинескопа, однако даже при незначительном недокале эмиссионная способность катода резко снижается, что может привести к его частичному разрушению. Систематический недокал кинескопа в подавляющем большинстве случаев является причиной его преждевременного выхода из строя.

Большинство специалистов, связанных с эксплуатацией телевизоров, придерживается принципа: *лучше 10%-ный перекал кинескопа, чем 5%-ный недокал.*

В то же время нужно учитывать и возможность перегорания нити накала кинескопа при перекале, поэтому рекомендуется поддерживать напряжение накала кинескопа на уровне 3—5% выше номинального.

Очень вредно устанавливать чрезмерную яркость изображения (особенно в первые минуты после включения телевизора, когда катод кинескопа еще недостаточно прогрелся). Нормальную яркость изображения нужно устанавливать не ранее, чем через 3—5 *мин* после включения телевизора.

Напряжение между катодом кинескопа и его нитью накала никогда не должно превышать допустимого. Лучше всего принять меры к тому, чтобы это напряжение было равно нулю или имело порядок единиц вольт, тем более что в большинстве случаев это совсем нетрудно. Многие радиолюбители не придают этому значения и расплачиваются за это потерей кинескопа, вышедшего из строя вследствие пробоя катода на накал.

На рис. 5-47 приведена схема включения кинескопа, при которой напряжения на катоде и накале кинескопа одинаковы за счет их гальванической связи через резистор R_1. Соединять катод кинескопа

с накалом непосредственно можно только в случае модуляции кинескопа по сетке, а при модуляции на катод необходимо включать между катодом и накалом резистор сопротивлением 0,1—0,2 *Мом*.

Напряжение на фокусирующем электроде у кинескопов с электростатической фокусировкой определяет степень фокусирования луча и поэтому в большинстве телевизоров изменяется в пределах от нуля до 600 *в* с помощью потенциометра, выполняющего функцию регулятора фокусировки. На рис. 5-47 этот регулятор обозначен R_2. Если окажется, что наилучшая фокусировка получается при нулевом напряжении на фокусирующем электроде, рекомендуется несколько изменить напряжение на экранирующей сетке кинескопа с таким расчетом, чтобы наилучшая фокусировка луча получалась при среднем положении регулятора фокусировки.

Рис. 5-47. Схема уравнения потенциалов на катоде и накале кинескопа.

У кинескопов с электростатической фокусировкой луча изменение напряжения на фокусирующем электроде даже в очень больших пределах вызывает незначительное изменение фокусировки, поэтому работу регулятора фокусировки нужно проверять по тест-таблице, а не на чистом растре.

Прожог люминофора кинескопа — один из наиболее часто встречающихся дефектов; характер и причины прожога могут быть различными.

Наиболее часто причиной прожога люминофора кинескопа являются несоблюдение элементарных правил при ремонте, регулировке и налаживании телевизора, а также неисправности в схеме кадровой развертки. При больших ускоряющих напряжениях на аноде кинескопа энергия электронов в луче столь велика, что при непрерывной бомбардировке одной точки экрана в течение нескольких секунд электроны полностью «выжигают» люминофор в этой точке.

Если в работающем телевизоре отключить отклоняющую систему, луч перестанет отклоняться и остановится в центре экрана, в результате чего в этом месте немедленно возникнет прожог. Это нужно твердо помнить всем радиолюбителям и *ни в коем случае не допускать отключения отклоняющей системы в работающем телевизоре даже на несколько секунд.*

Прожог люминофора при неисправности в схеме кадровой развертки носит иной характер. В этом случае луч не стоит неподвижно в одной точке, а непрерывно перемещается, но не по всему экрану, как в исправном телевизоре, а все время вдоль одной и той же строки, проходящей через центр кинескопа. В этом случае на долю этой строки приходится вся энергия луча, которая нормально распределяется на 625 строк.

При неисправности в схеме кадровой развертки люминофор вдоль центральной строки не разрушается немедленно; частичное выгорание люминофора произойдет в течение нескольких минут (на всем протяжении центральной строки). После исправления кадровой развертки на изображении будет постоянно видна темная полоса на месте средней строки растра.

При исчезновении кадровой развертки прежде всего необходимо полностью убрать яркость свечения кинескопа и лишь после этого приступать к поиску неисправности.

Прожог люминофора в центре экрана может наступить и в совершенно исправном телевизоре, если после выключения телевизора в центре экрана кинескопа возникает и некоторое время удерживается яркая светящаяся точка. Появление такой точки объясняется тем, что в первый момент после выключения телевизора схемы развертки перестают работать почти мгновенно, а катод кинескопа вследствие тепловой инерции еще довольно долго продолжает эмиттировать электроны. Поскольку колба стеклянного кинескопа обладает довольно большой собственной емкостью, заряд этой емкости также пропадает не сразу, вследствие чего высокое напряжение на аноде кинескопа сохраняется в течение нескольких десятков секунд после выключения телевизора. Таким образом, благодаря продолжающейся эмиссии электронов из катода, наличию ускоряющего напряжения и отсутствию отклоняющих полей луч кинескопа сразу после выключения телевизора оказывается сосредоточенным в центре экрана кинескопа и вызывает частичное выгорание люминофора. А так как это явление происходит каждый раз после выключения телевизора, то очень скоро (иногда через несколько дней) в центре кинескопа люминофор оказывается выжженным. Для предотвращения этого явления в схемы телевизоров вводят различные дополнительные устройства. Весьма простая схема, которая полностью предотвращает прожог люминофора за счет значительного снижения интенсивности луча и увеличения площади светящегося пятна, приведена на рис. 5-48. В этой схеме емкость конденсатора должна быть по возможности большой.

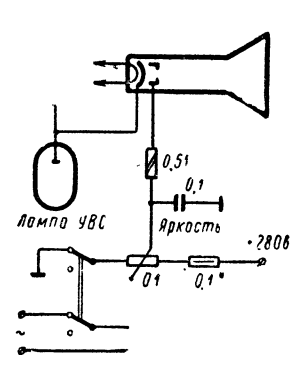


Рис. 5-48. Схема предотвращения прожога люминофора кинескопа после выключения телевизора.

Гашение луча кинескопа во время обратного хода кадровой развертки производится для того, чтобы при увеличении яркости или уменьшении контрастности изображения на нем не просматривались яркие белые полосы по диагонали экрана, которые прочерчивает электронный луч при переходе от конца одного кадра к началу другого. Такое гашение осуществляется путем запирания кинескопа на время обратного хода кадровой развертки. Для этой цели очень удобно использовать отрицательные импульсы большой амплитуды, возникающие в схеме кадровой развертки во время обратного хода

Поскольку в принципе к схеме гашения не предъявляется никаких особых требований, кроме надежности запирания кинескопа, мы ограничимся приведением простой и надежно работающей схемы на рис. 5-49, которую можно применять в телевизорах любого класса.

Центровка изображения необходима в любом телевизоре, для того чтобы обеспечить расположение изображения точно по центру рабочей части экрана. Без применения специальных мер изображение всегда оказывается смещенным из-за ряда причин (неточная

юстировка оптики кинескопа, асимметрия катушек отклоняющей системы, постоянная составляющая тока в отклоняющих катушках и т. п.).

Центровку изображения можно осуществлять либо электрическим, либо магнитным полем.

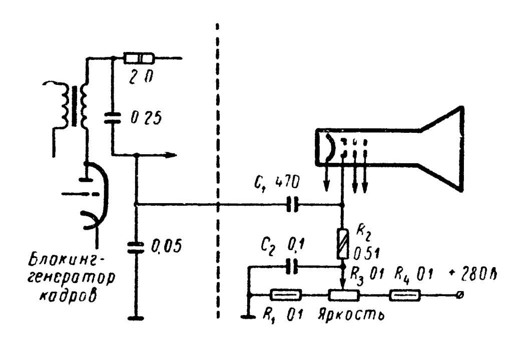


Рис. 5-49. Простая схема гашения луча кинескопа во время обратного хода кадровой развертки.

В настоящее время электрический способ центровки не применяется; центровку изображения осуществляют исключительно с помощью постоянного магнита.

Магнитный способ центровки изображения основан на введении в пространство вокруг электронно-оптической системы кинескопа дополнительно постоянного поля от специального магнита центровки, надеваемого на горловину кинескопа непосредственно позади отклоняющей системы. Магнит центровки от любого промышленного телевизора несложно приобрести, однако при отсутствии такой возможности этот регулятор можно изготовить самостоятельно. Как это сделать, ясно из рис. 5-50. Возможны и другие конструкции регуляторов центровки, важно лишь, чтобы цепь магнита в одном месте была разорвана, так как при замкнутых магнитных силовых линиях поле вокруг трубки будет равномерным и такой магнит не будет вызывать смещения изображения.

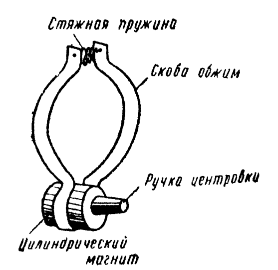


Рис. 5-50 Конструкция магнита центровки.

Постоянный магнит вызывает одновременное смещение изображения и по горизонтали, и по вертикали, в результате чего при вращении магнита изображение обычно перемещается по диагонали из одного угла экрана в другой. Это несколько затрудняет установку изображения точно в центре экрана. Кроме того, центровка изображения магнитом иногда сопровождается незначительным ухудшением линейности изображения и появлением затемнения одного из углов кинескопа.

Корректирующий магнит на кинескопах с ионной ловушкой устанавливается для того, чтобы путем создания поля постоянного магнита искривлять траекторию полета электронов и направлять их вдоль оптической оси кинескопа. Без корректирующего магнита такие кинескопы не работают.

Установить корректирующий магнит на кинескоп и найти такое положение его, при котором появится свечение кинескопа, нетрудно. Однако следует иметь в виду, что кинескоп будет светиться не при единственном положении корректирующего магнита, а при многих его положениях, причем разным положениям магнита будут соответствовать разные начальные яркости свечения кинескопа.

Следует иметь в виду, что нормальной работе кинескопа соответствует лишь одно положение корректирующего магнита. При всех других положениях магнита используется не весь поток электронов либо поперечное сечение луча имеет не круглую, а овальную форму. В результате снижается срок службы кинескопа или его разрешающая способность.

Для того чтобы найти оптимальное положение корректирующего магнита, нужно установить ручку регулятора яркости в положение наибольшей яркости и вращением корректирующего магнита добиться появления свечения кинескопа. После этого яркость свечения уменьшают до еле видимой и продолжают вращать магнит. При этом при каком-то его положении яркость снова увеличивается. Нужно опять уменьшить яркость до еле видимой и вновь осторожно вращать магнит. Таким способом легко находится единственное положение магнита, соответствующее наибольшей начальной яркости свечения кинескопа. Оставив магнит в этом положении, исследуют изображение тест-таблицы на экране кинескопа. Если на экране наблюдается затемнение одного из углов растра или если изображение по углам значительно расфокусировано, нужно в очень небольших пределах перемещать магнит вдоль оси кинескопа в ту или другую сторону, не вращая его вокруг горловины, до пропадания указанных дефектов изображения.

Неправильная установка отклоняющей системы может явиться причиной перекоса изображения и появления затемнения углов. Затемненные углы на изображении могут появиться даже в том случае, если отклоняющая система не додвинута до конусной части кинескопа всего на 1—2 *мм*. Такой зазор всегда может возникнуть за счет пружинящего действия переднего торца отклоняющих катушек в момент надевания отклоняющей системы, поэтому надетую на кинескоп отклоняющую систему нужно надежно укрепить на нем с помощью латунного или алюминиевого кольцевого хомутика.

Под крепежный хомутик рекомендуется подложить прокладку из сукна или тонкой листовой резины, чтобы при затягивании хомутика не раздавить или поцарапать горловину кинескопа.

Для устранения затемнения углов на изображении нужно взять небольшой постоянный магнит (или обломок от магнита керна громкоговорителя, сердечника катушек в телефонном наушнике, магнитной системы сломанного миллиамперметра и т. п.) и с помощью пластилина прилепить его на колбу кинескопа около отклоняющей системы со стороны затемненного угла. Это можно проделать только на стеклянном кинескопе, так как колба металло-стеклянного кинескопа находится под высоким напряжением.

Вращая и передвигая прилепленный магнит и одновременно наблюдая за изображением на экране, надо найти такое положение

магнита, при котором затемненный угол на изображении пропадает.

Использование кинескопа с частичной потерей эмиссии в любительских условиях вполне возможно. Как правило, такие кинескопы полностью восстанавливают работоспособность при незначительном увеличении напряжения накала.

Практика показывает, что если увеличить напряжение накала у кинескопа, потерявшего эмиссию, до 8—8,5 *в*, то такой кинескоп удовлетворительно работает еще от полугода до 1,5—2 лет, после чего можно попытаться вновь увеличить напряжение накала до 10 *в* и использовать кинескоп до тех пор, пока у него не перегорит нить накала.

Конструкции любительских телевизоров

Конструкции любительских телевизоров могут быть весьма разнообразными. Однако различные принципиальные конструктивные решения обычно обусловлены вполне определенными соображениями, которые приводятся ниже.

Вертикальная конструкция на одном шасси появилась одновременно с новыми типами кинескопов с большим размером экрана, отклонением луча на 110° и укороченной горловиной. Появление этих кинескопов позволило уменьшить глубину телевизора в 1,5—2 раза. Применявшиеся ранее горизонтальные шасси оказались слишком большими по глубине. Уменьшить их площадь не представлялось возможным из-за большого объема, занимаемого деталями телевизора.

Вертикальная установка шасси позволила «надвинуть» его прямо на горловину кинескопа без уменьшения размеров, в результате чего глубина телевизора стала определяться лишь длиной горловины кинескопа.

В телевизорах с диагональю экрана 35 *см* и менее вертикальное шасси выигрыша не дает.

Горизонтальная конструкция на одном шасси с точки зрения экономии места рекомендована быть не может. Однако преимущество этого вида конструкции — возможность наиболее рационально разместить лампы и детали и свести к минимуму длины всех соединительных проводов. Поэтому для первого телевизора, самостоятельно собираемого радиолюбителем, такая конструкция вполне подходит.

Блочная конструкция на нескольких шасси (обычно на двух или трех) наиболее целесообразна для небольших настольных телевизоров с размером экрана кинескопа не свыше 35 *см*, так как в этом случае два шасси можно разместить вертикально по обеим сторонам от кинескопа на боковых стенках футляра, а третье шасси с блоком питания и фильтром выпрямителя поместить на дне футляра под кинескопом. В этом случае на одном из вертикальных шасси рекомендуется собрать радиоканал и УНЧ, а на другом — блоки разверток, высоковольтный выпрямитель и схему синхронизации.

Функциональные печатные блоки нашли широкое распространение в большинстве промышленных телевизоров.

Основные преимущества печатного монтажа перед навесным — снижение трудоемкости, высокая повторяемость, исключение ошибок при монтаже, возможность предварительной регулировки и отбраковки отдельных узлов и деталей телевизора до его сборки — имеют значение только при условии крупносерийного производства.

В любительских условиях при изготовлении одного телевизора

применение печатного монтажа не оправдано, так как печатный монтаж с точки зрения электрических параметров не имеет никаких преимуществ перед навесным.

Расположение органов управления в телевизоре должно производиться с учетом их функциональной необходимости, частоты и удобства пользования и возможностей возникновения наводок и излучений.

Все органы управления и регулировки телевизора целесообразно разбить на три группы. К первой группе нужно отнести те регуляторы, которыми приходится пользоваться при каждой передаче. Это прежде всего выключатель напряжения сети, переключатель программ, регуляторы яркости, громкости, контрастности, четкости, регуляторы или переключатели тембра и ручка настройки гетеродина. Эти регуляторы должны быть расположены так, чтобы пользоваться ими было удобно.

К другой группе органов управления нужно отнести регуляторы горизонтального и вертикального размеров и регуляторы линейности изображения, регулятор фокусировки в телевизорах с электростатическим способом фокусировки, регуляторы частоты строк и кадров. Эти регуляторы, пользоваться которыми приходится сравнительно редко, целесообразно расположить с задней стороны футляра (желательно сосредоточить их в одном месте), или с передней стороны футляра под специальной декоративной крышкой или откидывающейся планкой. Можно вывести эти регуляторы и на боковую стенку футляра, также предусмотрев для них декоративную крышку.

Наконец, к третьей группе регуляторов можно отнести такие, которыми приходится пользоваться лишь при налаживании и ремонте телевизора. Это регуляторы ограничения контрастности, центровки изображения, потенциометры грубой установки частоты строк и кадров и т. п. Размещать эти регуляторы целесообразно прямо на шасси, в непосредственной близости от тех участков схемы, к которым они относятся.

Крепление металло-стеклянного кинескопа имеет свои особенности, вызванные тем, что на металлическом конусе этих кинескопов имеется высокое напряжение (порядка 10—12 *кв*).

При применении таких кинескопов недопустимо использовать маску (декоративное оформление), выполненную из металла или покрытую токопроводящей краской.

Если снаружи футляра обрамление или защитное стекло окантовано металлической рамкой, необходимо соединить ее с шасси, так как в противном случае на эту рамку электростатическим путем будет индуцироваться заряд и она окажется заряженной до величины ускоряющего напряжения.

Все детали крепления кинескопа обязательно должны быть выполнены из материала с высокими изоляционными свойствами, чтобы предотвратить их пробой или утечку через них ускоряющего напряжения.

Крепление стеклянного кинескопа может быть осуществлено без применения указанных выше мер, однако необходимо предусмотреть способ надежного заземления внешнего графитового покрытия конуса кинескопа, так как в противном случае к этому слою, являющемуся второй обкладкой конденсатора, окажется приложенным такое же напряжение, как и к аноду кинескопа, и во время работы телевизора будет наблюдаться периодическое потрескивание за счет стекания заряда с этого слоя на шасси.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

МАГНИТОФОНЫ

Классификация магнитофонов по качественным и функциональным показателям

Для оценки любительских магнитофонов целесообразно условно разбить их на четыре класса. В соответствии с таким условным разделением (табл. 6-1) легче рассматривать электрические и механические параметры любительских магнитофонов и давать соответствующие рекомендации.

Таблица 6-1

Параметр магнитофона	Нормы параметра по классам			
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Скорость движения ленты, *см/сек*	19,05	9,53	4,76	2.38
Полоса рабочих частот, *гц* . . .	30—16 000	60—10 000	80—5 000	100—3 500
Относительный уровень собственных шумов при воспроизведении, *дб* . .	—60	—54	—50	—46
Относительный уровень собственных шумов сквозного канала, *дб*	—56	—50	—46	—40
Коэффициент нелинейных искажений (электрических) на частоте 400 *гц*, %	2	3	4	6
Относительный уровень стирания старой записи, *дб*	—72	—66	—60	—54

К функциональным показателям магнитофонов независимо от их электрических показателей можно отнести количество рабочих дорожек, количество скоростей движения ленты, наличие общего или раздельных каналов записи и воспроизведения и др.

По количеству рабочих дорожек на магнитной ленте современные любительские магнитофоны делятся на одно-, двух- и четырехдорожечные.

Трех- и четырехскоростные магнитофоны являются еще более сложными, чем двухскоростные (с увеличением количества рабочих скоростей намного возрастает сложность механической части магнитофона, коммутации его частотных характеристик, резко снижается надежность).

В любительских условиях многоскоростные магнитофоны строить не рекомендуется.

Трехмоторные магнитофоны являются наиболее простыми и надежными. Это объясняется тем, что в трехмоторных магнитофонах протяжка, подмотка и ускоренная перемотка ленты распределены между двигателями, вследствие чего механическая часть магнитофона упрощается.

К недостаткам трехмоторных магнитофонов относятся в основном их большая стоимость и несколько бо́льшие размеры по сравнению с двух- и одномоторными.

Если вопрос стоимости и габаритов магнитофона не является решающим, то при постройке стационарного магнитофона нужно всегда выбирать трехмоторную систему как наиболее простую и надежную.

В двухмоторных магнитофонах обычно один двигатель является ведущим, а другой обеспечивает подмотку и ускоренную перемотку ленты.

Хотя в двухмоторном магнитофоне несколько усложняется механическая часть (в связи с необходимостью ускоренной перемотки ленты одним двигателем как в прямом, так и в обратном направлениях), их также можно рекомендовать радиолюбителям.

Одномоторные бытовые магнитофоны в больших количествах выпускаются промышленностью, так как при крупносерийном производстве стоимость лишнего двигателя имеет большое значение, а некоторое усложнение механики в условиях хорошо налаженного массового производства несущественно.

Но даже среди массовых промышленных магнитофонов начинают появляться двухмоторные аппараты (например, магнитофон «Комета МГ-201»), это лишний раз подтверждает неоспоримые преимущества таких магнитофонов перед одномоторными.

Магнитофоны с раздельными каналами записи и воспроизведения содержат большее число ламп (или транзисторов) и других деталей и более дороги, чем одноканальные. В то же время преимуществами магнитофонов с раздельными каналами записи и воспроизведения являются простота коммутации, полная независимость характеристик обоих каналов, возможность контроля качества записи в процессе записи.

В любительских условиях целесообразно применение системы с раздельными каналами, так как большинство радиолюбителей ради высокого качества работы и простоты регулировки магнитофона согласятся на некоторое повышение его стоимости.

Одноканальные магнитофоны (т. е. магнитофоны с общим каналом записи и воспроизведения) содержат меньшее количество ламп (или транзисторов) и других деталей, так как в них одни и те же усилительные элементы используются как при записи, так и при воспроизведении.

Общий усилитель должен иметь довольно сложную систему коммутации, так как в режиме записи универсальная головка должна подключаться к выходу усилителя, а в режиме воспроизведения — к его входу; при записи и воспроизведении усилитель должен иметь

Однодорожечные магнитофоны обладают следующими преимуществами: лучшее отношение полезного сигнала к уровню шумов благодаря использованию магнитной ленты по всей ее ширине; меньшие требования к точности расположения записывающей и воспроизводящей головок; отсутствие мешающего сигнала от записи на соседней дорожке при случайных перемещениях ленты во время работы; большая отдача сигнала воспроизводящей головки и возможность монтажа и комбинирования записей.

Однодорожечная запись имеет и существенные недостатки, главными из которых являются неэкономичное использование магнитной ленты и невозможность воспроизведения записей, сделанных на двух- и четырехдорожных магнитофонах, если запись произведена на двух или четырех дорожках.

Двухдорожечные магнитофоны наиболее распространены. Двухдорожечные записи (как и любые многодорожечные) имеют по сравнению с однодорожечными очень серьезный недостаток, особенно существенный для радиолюбителей-экспериментаторов: невозможность производить комбинирование и монтаж.

Четырехдорожечные магнитофоны появились сравнительно недавно и применяются преимущественно для стереофонических записей. Четырехдорожечным магнитофонам присущи свои особые недостатки. К ним в первую очередь относятся очень жесткие требования к стабильности положения ленты по высоте во время работы и к точности расположения головок. Кроме того, четырехдорожечные магнитофоны отличаются весьма низкой отдачей воспроизводящей головки.

Качество магнитной ленты, применяемой в четырехдорожечных магнитофонах, должно быть очень высоким. Это объясняется тем, что ширина рабочей дорожки у четырехдорожечного магнитофона не превышает 0,8 *мм*. И если используемая лента не является идеально плоской, а имеет даже незначительное коробление, несущественное для двухдорожечных магнитофонов, то в четырехдорожечном магнитофоне неплотное прилегание к рабочей щели головки верхней или нижней дорожки приведет к тому, что запись будет испорчена.

Делать четырехдорожечные магнитофоны в любительских условиях нецелесообразно, тем более что большинство радиолюбителей не располагает аппаратурой для регулировки магнитофонов.

Односкоростные магнитофоны наиболее просты, поскольку в них нет необходимости в электрическом или механическом переключении двигателя или промежуточного механизма, вращающего тонвал.

В случае необходимости на односкоростном магнитофоне можно применить съемные насадки на тонвал, которые позволят воспроизводить записи, сделанные с большими скоростями.

Двухскоростные магнитофоны чаще всего имеют скорости движения ленты 19,05 и 9,53 *см/сек*. В зависимости от назначения магнитофона могут применяться и другие величины скоростей.

К недостаткам двухскоростных магнитофонов относятся только сложность их изготовления и регулировки и более низкая эксплуатационная надежность.

Освоение все более низких скоростей вызывается стремлением к экономии расходования магнитной ленты и уменьшению износа головок. В любительских условиях не следует, однако, стремиться работать на наиболее низких скоростях, так как это резко снижает качество записи и воспроизведения.

различные частотные характеристики. В связи с этим одноканальные магнитофоны должны иметь коммутирующие механизмы, которые при изменении вида работы включают в схему усилителя дополнительные элементы для коррекции формы частотной характеристики.

В любительских условиях применение общего усилителя записи и воспроизведения оправдано лишь в малогабаритных ламповых магнитофонах.

Области применения магнитофонов различных классов

Стационарный магнитофон 1-го класса. Назначение такого магнитофона — запись и воспроизведение высококачественных моно- и стереофонических музыкальных программ. Количество двигателей — три или два. Скорость движения ленты одна (19,05 *см/сек*).

Количество дорожек две (в связи с необходимостью осуществления стереофонических записей). Количество головок — три (отдельные записывающая, воспроизводящая и стирающая).

Усилители записи и воспроизведения раздельные. Режим записи должен быть рассчитан на применение определенного типа ленты (лучше всего ленты типа 6) и все записи должны производиться только на этот выбранный тип ленты.

Стационарный магнитофон 2-го класса универсального назначения. Предназначается для записи и воспроизведения монофонических программ, монтажа различных музыкальных программ, т. е. для любого вида звукозаписи, который может встретиться в практике радиолюбителя.

Магнитофон должен быть двухдорожечным, двух- или трехмоторным, трехскоростным (скорости 19,05; 9,53 и 4,76 *см/сек*), с раздельными усилителями записи и воспроизведения и «трюковым» устройством для наложения дикторского текста на имеющиеся музыкальные записи, комбинированных записей и пр. Электрические показатели его должны соответствовать 2-му классу (по табл. 6-1), оформление может быть настольным в самостоятельном футляре либо в сочетании с акустической системой.

Полезно предусмотреть в канале записи переключатель, позволяющий выбирать режим записи для нескольких видов ленты, имеющихся в распоряжении радиолюбителя.

Переносный магнитофон 2-го класса универсального назначения с питанием от сети переменного тока как по назначению, так и по своим данным может быть примерно аналогичным промышленным магнитофонам такого же класса («Мелодия», «Яуза-5», «Комета» и др.). Целесообразно использовать для любительского магнитофона такого класса узлы и детали от промышленных магнитофонов (электродвигатель, узлы прижимного механизма, механизма переключения скоростей и др.).

Самостоятельное изготовление всех узлов и деталей лентопротяжного механизма в любительских условиях вряд ли оправдано, поскольку высокую точность изготовления таких узлов можно обеспечить лишь на хороших станках, т. е. в условиях промышленного предприятия.

В любительском магнитофоне этого класса целесообразно иметь две дорожки, две головки (универсальную и стирающую), две скорости: 19,05 и 9,53 *см/сек*, три различных входа — микрофонный, адаптерный и от трансляционной линии, линейный выход на внеш-

ний усилитель НЧ. Усилитель магнитофона лучше сделать универсальным.

Очень важно добиться минимального веса магнитофона.

Акустическая система должна быть самой простой, так как небольшой объем футляра не позволит получить хорошего звучания, но в магнитофоне необходимо предусмотреть низкоомный мощный выход для подключения внешней акустической системы.

Портативный транзисторный магнитофон с параметрами 3-го класса целесообразно иметь только в условиях отсутствия электрической энергии или в походных условиях. В остальных случаях создание миниатюрных конструкций, не оправдано, так как миниатюризация всегда достигается либо ценой ухудшения качества, либо за счет существенного удорожания.

Магнитофон этого класса целесообразно делать одно- или двухскоростным (скорости 9,53 и 4,76 *см/сек*), двухдорожечным, с одной универсальной и одной стирающей головками и двумя раздельными усилителями.

Двигатель в батарейных магнитофонах используется один, хотя при наличии экономичных микродвигателей, применяемых в различной промышленной аппаратуре, можно сделать магнитофон с двумя двигателями. Выбор типов и количества двигателей целиком определяется их экономичностью и к. п. д.

Миниатюрный репортерский транзисторный магнитофон не рассчитан на запись и воспроизведение музыкальных программ, поэтому его электрические характеристики могут быть ограничены нормами 4-го класса. В таком магнитофоне не всегда оправдано наличие канала воспроизведения. Примерные данные магнитофона: двигатель — один; ускоренная и обратная перемотки ленты отсутствуют; скорость движения ленты — одна (4,76 *см/сек*); усилительный канал — один, только для записи; тракт воспроизведения отсутствует; питание — батарейное (12 *в*). Основное назначение магнитофона — запись лекций, выполнение функций «записной книжки» и т. п.

Разумеется, такой магнитофон имеет смысл делать лишь как дополнение к имеющемуся у радиолюбителя магнитофону более высокого класса.

Размеры магнитофона должны быть минимальными.

Типовые блок-схемы магнитофонов разных классов

Типовая блок-схема электрической части магнитофона 1-го класса (монофонического) приведена на рис. 6-1.

Усилитель воспроизведения четырехкаскадный; он собран на двух двойных триодах типа 6Н4П или 6Н2П. К входу усилителя подключена воспроизводящая головка *ГВ*; выход усилителя маломощный высокоомный; он рассчитан на работу с отдельным оконечным усилителем НЧ, имеющим параметры 1-го класса.

В канале воспроизведения предусмотрены блок коррекции и формирования частотной характеристики и регулятор уровня воспроизведения.

Канал записи собран на триодах того же типа, причем первый каскад предназначен только для работы с микрофона.

Сигнал низкой частоты через регуляторы уровня подается на микшерное устройство, выход которого нагружен на общий регулятор

уровня записи. Описание такого микшера-регулятора будет дано ниже.

В магнитофоне имеются генератор тока стирания и подмагничивания, блок питания, схема коммутации (механическая или релейная) и простейший одноламповый УНЧ с внутренним громкоговорителем, позволяющий производить контроль записи непосредственно в процессе ее осуществления, а также сопоставимый контроль записываемого и записанного сигналов.

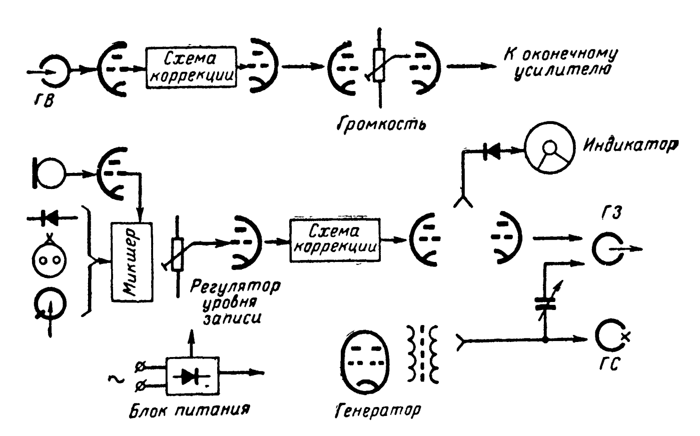


Рис. 6-1. Блок-схема электрической части магнитофона 1-го класса.

Не обязательно оба усилителя делать четырехкаскадными на триодах: первые два каскада можно заменить одним, собранным на пентоде (6Ж32П или 6Ж1П).

Схема при желании может быть дополнена дистанционным управлением, автоматическими регулировками и т. п.

Блок-схема стереофонического магнитофона 1-го класса отличается от приведенной на рис. 6-1 лишь тем, что вместо одного канала записи и одного канала воспроизведения он содержит по два совершенно идентичных канала как записи, так и воспроизведения, причем все регулировки, предусмотренные в каналах записи и воспроизведения, осуществляются одной ручкой одновременно в обоих усилителях.

Для усилителей канала воспроизведения необходимо предусмотреть дополнительный регулятор стереобаланса (см. гл. 3 «Усилители низкой частоты»).

Блок-схема стационарного магнитофона 2-го класса отличается от схемы, приведенной на рис. 6-1, только наличием дополнительного узла коммутации частотных характеристик усилителей записи и воспроизведения при работе на разных скоростях движения ленты.

В магнитофонах 2-го класса целесообразно сохранить микшерное устройство и, кроме того, весьма полезно ввести дополнительный переключатель, позволяющий изменять режим подмагничивания и стирания (при применении различных типов ленты).

Блок-схема магнитофона 3-го класса приведена на рис. 6-2. Магнитофон имеет общий усилитель записи и воспроизведения, генератор тока стирания и подмагничивания, индикатор уровня записи, устройство для коррекции формы частотной характеристики при переходе от записи к воспроизведению и переключении скоростей, блок питания.

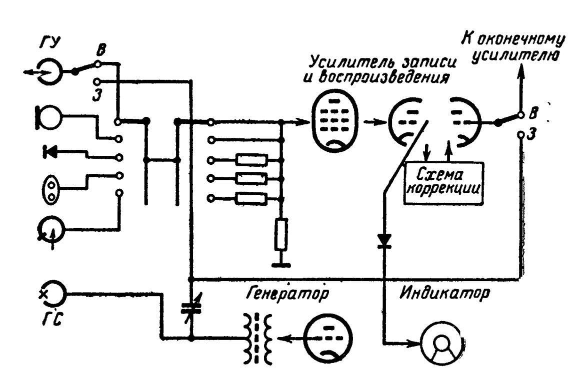


Рис. 6-2. Блок-схема магнитофона 3-го класса.

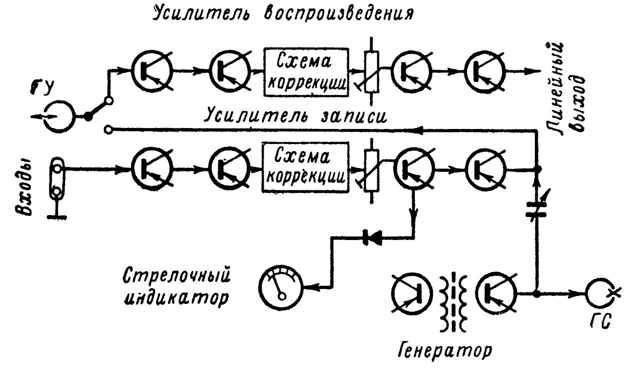


Рис. 6-3. Блок-схема транзисторного магнитофона 4-го класса.

Оконечный усилитель может быть сделан как одноламповым (для переносного варианта магнитофона), так и более сложным (для стационарного варианта).

В магнитофоне можно не делать микшерного устройства и системы дистанционного управления.

Входной каскад можно сделать на одном триоде лампы 6Н2П, а не на пентоде. В этом случае на втором триоде целесообразно собрать схему генератора тока стирания и подмагничивания, что по-

зволяет сократить общее число ламп, однако такой вариант схемы можно рекомендовать лишь для переносных конструкций.

Блок-схема транзисторного магнитофона 3-го или 4-го класса приведена на рис. 6-3.

Из-за сравнительной сложности схемы коррекции в транзисторных усилителях рекомендуется транзисторные магнитофоны собирать с двумя раздельными усилителями (независимо от класса и качественных показателей магнитофона). В этом случае существенно упрощается схема коммутации и облегчается налаживание магнитофона.

Приведенная блок-схема мало критична к типу применяемых транзисторов. В ней могут быть применены транзисторы типов П13, П14, П15, П16 и им подобные.

Частотные характеристики магнитофонов и схемы коррекции

Чтобы построить полноценный магнитофон, позволяющий осуществлять и воспроизводить стандартные записи, нужно очень серьезно отнестись к вопросу выбора и формирования частотных характеристик каналов записи и воспроизведения и при регулировке

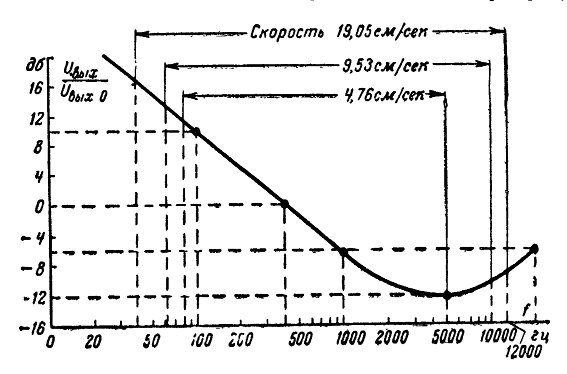


Рис. 6-4. Типовые частотные характеристики усилителя воспроизведения для трех скоростей движения ленты.

собранного магнитофона добиться, чтобы его реальные характеристики соответствовали требованиям ГОСТ.

Ниже будут приведены типичные формы характеристик для магнитофонов различных классов, схемы, обеспечивающие получение таких характеристик, и указания по регулировке усилителей.

Частотные характеристики усилителей воспроизведения всех магнитофонов при одной и той же скорости протяжения ленты строго нормируются. Они приведены на рис. 6-4. Характер кривой одинаков для всех скоростей, однако частотные границы характеристики для различных скоростей различны. На рисунке эти границы обозначены для трех наиболее употребительных скоростей.

Измерить частотную характеристику усилителя воспроизведения можно по схеме, приведенной на рис. 6-5. Для этого нижний (заземленный) конец воспроизводящей (или универсальной) головки отпаивают от шасси и соединяют со специальным делителем в соответствии с приведенной схемой. На вход делителя подают напряжение от любого звукового генератора. Параллельно выходам генератора и усилителя воспроизведения включают ламповые вольтметры переменного напряжения.

Частотная характеристика снимается как функция выходного напряжения от частоты при неизменном напряжении на выходе звукового генератора.

График характеристики строят в логарифмическом масштабе частот, откладываемых по горизонтали, и в линейном масштабе в децибелах выходного напряжения по вертикали, причем за нулевой уровень ($U_{выхо}$ — средняя линия на графике) принимают уровень напряжения на частоте 400 *гц*. Сопротивление резистора R_2 обязательно должно быть безындукционным. Лучше всего для этой цели использовать три резистора типа УЛМ по 27 *ом*, включенные параллельно.

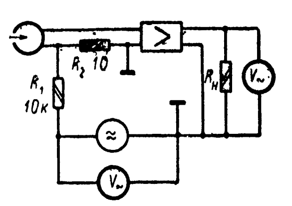


Рис. 6-5. Схема снятия частотной характеристики канала воспроизведения.

Первичная установка уровня сигнала производится таким образом, чтобы сигнал на выходе усилителя на частоте 400 *гц* был на 20 *дб* меньше номинального выходного напряжения при максимальном положении регуляторов громкости и тембра (если таковой входит в схему усилителя).

Частотные характеристики усилителей записи обычно не нормируются, так как у различных магнитофонов и для различных типов головок они должны быть несколько различными. Однако строго оговаривается следующее положение: частотная характеристика усилителя записи любого магнитофона должна быть такой, чтобы запись спектра частот, сделанная на данном магнитофоне, при воспроизведении через стандартный усилитель обеспечивала линейную сквозную частотную характеристику в пределах установленного для данной скорости диапазона частот с допустимой для данного класса магнитофонов неравномерностью характеристики.

При регулировке собранного магнитофона вначале нужно добиться стандартной частотной характеристики усилителя воспроизведения. Затем, делая записи спектра частот от звукового генератора и каждый раз снимая характеристику воспроизведения при проигрывании этой записи, нужно изменять характеристику усилителя записи таким образом, чтобы результирующая сквозная частотная характеристика запись — воспроизведение была линейной в установленном для данной скорости диапазоне частот. Только при такой регулировке магнитофон будет хорошо воспроизводить стандартные записи, сделанные на промышленных магнитофонах, и в свою очередь обеспечивать получение стандартных записей.

На рис. 6-6 приведены примерные частотные характеристики канала записи для различных скоростей движения ленты.

Схемы коррекции частотных характеристик в усилителе столь разнообразны и многочисленны, что нет никакой возможности рас-

смотреть хотя бы часть их или сделать некоторые обобщения. В принципе совершенно безразлично, каким образом скорректировать частотную характеристику усилителя магнитофона, важно лишь, чтобы обеспечивалась необходимая форма этой характеристики. Тем не менее можно дать несколько рекомендаций, которые помогут грамотно произвести выбор схемы и элементов частотно-корректирующего устройства.

Схемы для ослабления только нижних частот в большинстве своем основаны на включении последовательно в цепь прохождения сигнала конденсатора небольшой емкости. Чаще всего такой конденсатор включают последовательно с переходным

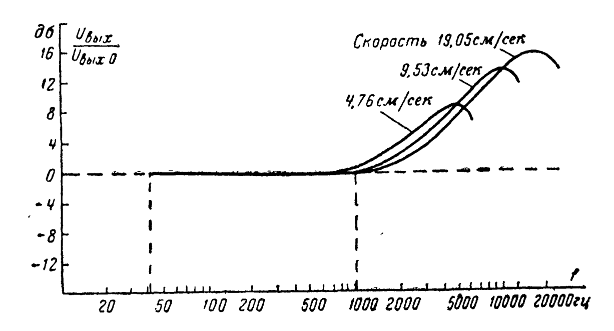


Рис. 6-6. Примерные частотные характеристики канала записи для трех скоростей движения ленты.

конденсатором (или вместо него) между первым и вторым или вторым и третьим усилительными каскадами.

К достоинствам этих схем относятся безусловная простота, а также то, что при их применении не изменяется усиление на средних и высоких частотах и не увеличивается опасность появления наводок и фона.

Для эффективной работы схемы желательно сопротивление нагрузки на ее выходе (обычно резистор утечки сетки следующего каскада) выбирать небольшим, во всяком случае не более 220 *ком*.

На рис. 6-7 приведена схема корректора с переключением трех конденсаторов соответственно для трех скоростей движения ленты и частотные характеристики этой схемы.

Схемы для ослабления только верхних частот могут быть построены как по принципу шунтирования резистора нагрузки конденсатором небольшой емкости, так и путем использования частотнозависимой отрицательной обратной связи. Последний способ дает несколько лучшие результаты. Простейшая из таких схем приведена на рис. 6-8. Так же как и в предыдущей схеме, переключатель позволяет изменять граничную частоту характеристики в соответствии со скоростью движения ленты.

Схемы для подъема усиления только на нижних частотах несколько сложнее, особенно в случаях, когда форму характеристики желательно сохранить линейной, начиная с некоторой граничной частоты (например, 100 или 200 *гц*) и выше вплоть до самых высоких частот.

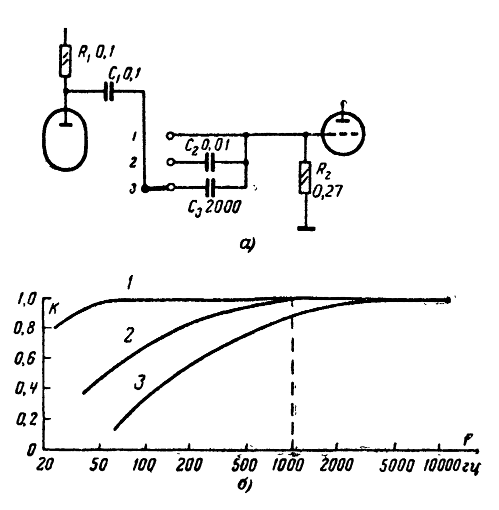
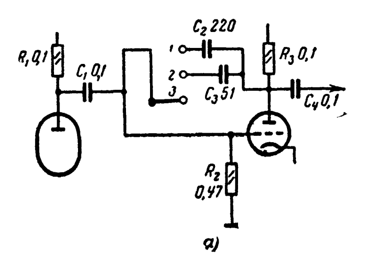


Рис. 6-7. Схема для ослабления нижних частот (*а*) и соответствующие частотные характеристики (*б*).



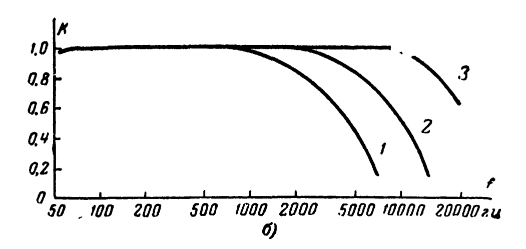


Рис. 6-8. Схема для ослабления верхних частот (*а*) и соответствующие частотные характеристики (*б*).

Одной из наиболее эффективных и в то же время простых схем такого рода является схема, приведенная на рис. 6-9. Если реактивное сопротивление дросселя *Др* на граничной частоте фильтра сделать равным сопротивлению резистора автоматического смещения (например, для частоты 200 *гц* $Z_L = 1{,}2$ *ком*; $L = 2{,}1$ *гн*), то с увеличением частоты сопротивление дросселя будет расти и общее сопротивление, определяющее глубину отрицательной обратной связи, будет зависеть только от величины активного сопротивления резистора автоматического смещения, вследствие чего коэффициент усиления на всех частотах выше граничной будет практически почти неизменным. При понижении же частоты ниже граничной общее со-

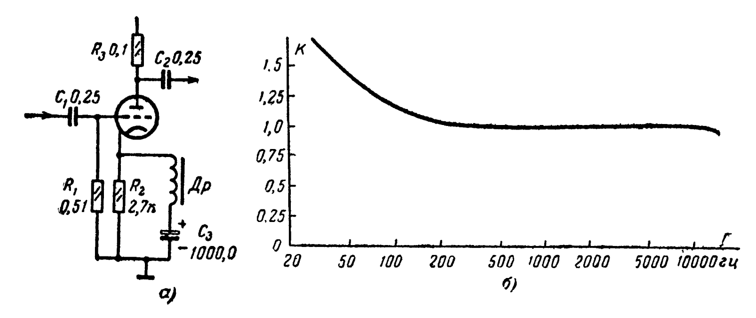


Рис. 6-9. Схема для подъема самых низких частот (*а*) и соответствующая частотная характеристика (*б*).

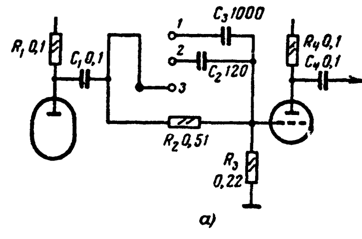
противление в цепи катода будет определяться в основном реактивным сопротивлением дросселя, а так как последнее с частотой будет понижаться, то глубина отрицательной обратной связи будет уменьшаться, а усиление каскада — увеличиваться.

К недостаткам схемы можно отнести повышенную восприимчивость каскада к магнитным наводкам на дроссель и необходимость применять конденсатор C_1 очень большой емкости, так как при недостаточной емкости его (меньше 100 *мкф*) эффективность работы схемы уменьшается.

Для снижения фона дроссель необходимо надежно экранировать.

Схемы для подъема усиления только на высших частотах значительно проще, хотя, так же как и предыдущая схема, приводят к уменьшению общего коэффициента усиления каскада. Наиболее простая и достаточно эффективная схема приведена на рис. 6-10. Здесь также предусмотрен переключатель, позволяющий изменять граничную частоту и степень подъема характеристики для различных скоростей протяжения ленты. Приведенные на схеме значения конденсаторов в некоторых случаях могут оказаться не соответствующими приведенным частотным характеристикам. Конденсаторы нужно подобрать при регулировке магнитофона.

Схемы для избирательного подъема высоких частот, которые находят в магнитофонах широкое применение, в подавляющем большинстве случаев основаны на использовании резонансного контура, настроенного на соответствующую частоту. Та-



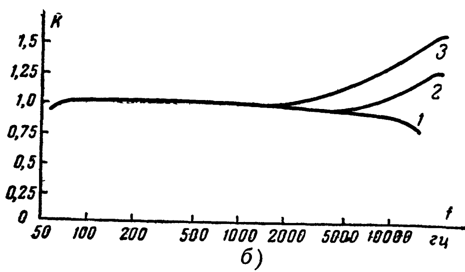


Рис. 6-10. Схема для подъема высших частот (*а*) и соответствующие частотные характеристики (*б*).

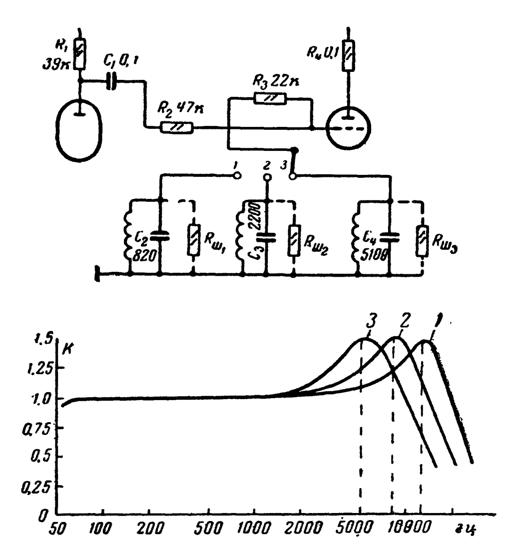


Рис. 6-11. Схема коррекции частотной характеристики усилителя с помощью резонансного контура (*а*) и соответствующие частотные характеристики (*б*).

кой контур может включаться как в цепь прохождения сигнала, так и в цепь частотнозависимой обратной связи.

На рис. 6-11 приведены наиболее простая схема и соответствующие ей частотные характеристики.

Изменение формы частотной характеристики при переходе с одной скорости на другую осуществляют путем переключения одного из реактивных элементов схемы коррекции.

В промышленных магнитофонах часто в резонансных фильтрах используют одну общую катушку индуктивности, а настройку фильтра на разные частоты осуществляет подключением различных конденсаторов. В любительских магнитофонах (если это позволяет размер аппарата) лучше делать полностью независимые фильтры на каждую рабочую частоту и коммутировать не конденсаторы, а целиком настроенные фильтры. Такая система значительно упрощает первичную регулировку магнитофона. В случае выхода из строя какого-либо элемента в одном из фильтров характеристики магнитофона на других скоростях или в другом режиме работы не нарушаются.

При формировании требуемой частотной характеристики любого канала можно воспользоваться приведенными выше схемами коррекции, причем в случае необходимости эти схемы можно сочетать в любых комбинациях для обеспечения подъема или «завала» высших и низших частот одновременно.

Магнитофонные головки

В любительских магнитофонах нужно применять только промышленные головки. Для получения удовлетворительных параметров головок при скоростях 19,05 и 9,53 *см/сек* величина рабочего зазора в их магнитопроводе не должна превышать 5—7 *мк*, что при изготовлении головки в домашних условиях не может быть достигнуто.

Универсальная головка (ГУ) применяется в большинстве магнитофонов 2-го и более низких классов вместо отдельных записывающей и воспроизводящей головок. Хотя применение раздельных головок записи и воспроизведения и позволяет получить более высокое качество фонограмм, параметры, соответствующие 2-му классу, могут быть без труда получены и с одной универсальной головкой. Применение раздельных головок может быть оправдано лишь в любительских магнитофонах 1-го класса либо при желании избежать коммутации цепи головки при переходе с записи на воспроизведение.

Наиболее оправдано применение раздельных головок при наличии раздельных усилителей записи и воспроизведения.

Из промышленных универсальных головок для двухдорожечной записи можно рекомендовать головки от магнитофонов «Яуза-5», «Мелодия», «Астра», «Комета». Они имеют рабочий зазор от 5 до 8 *мк* и при скорости 19,05 *см/сек* позволяют получить равномерную характеристику записи и воспроизведения с малым уровнем шумов и нелинейных искажений в полосе частот от 50—60 *гц* до 12—14 *кгц*. Кроме того, эти головки конструктивно выполнены вместе с магнитным экраном, значительно снижающим паразитные наводки на головку.

Отдельная записывающая головка (ГЗ) должна обеспечивать при записи достаточную величину магнитного поля, сердечник ее

должен позволять допускать значительные импульсные перегрузки без появления остаточного намагничивания и магнитного насыщения, сопротивление обмотки должно быть сравнительно небольшим. Для удовлетворения этих требований обычно специальные записывающие головки выполняют с небольшой индуктивностью, а в сердечнике, помимо основного рабочего зазора, делают дополнительный (задний) зазор порядка 0,1—0,4 *мм* в зависимости от скорости движения ленты.

Поскольку приобрести специальные записывающие головки трудно, можно рекомендовать в качестве записывающих головок применять универсальные головки от магнитофонов «Днепр-9» и «Спалис». Эти два типа головок имеют самые низкие среди остальных универсальных головок активное и индуктивное сопротивления, и, кроме того, единственные из всех имеют дополнительный задний зазор. Оба эти типа головок предназначены для двухдорожечной записи.

Отдельная воспроизводящая головка (ГВ) должна иметь как можно бо́льшую индуктивность (для обеспечения достаточной чувствительности на наиболее низких частотах). Кроме того, в воспроизводящей головке не нужен задний зазор, так как эта головка не подвергается в процессе работы никаким перегрузкам, а наличие зазора заметно снижает чувствительность головки.

Практически для воспроизведения годятся все универсальные головки, кроме двух рекомендованных выше в качестве записывающих, однако наиболее подходящими следует считать головки от магнитофонов «Астра», «Астра-2», «Яуза-5», «Айдас», «Днепр-11».

Стирающие головки (ГС) предназначены исключительно для размагничивания ленты. Единственное требование, предъявляемое к ним, — достаточная величина высокочастотного магнитного поля.

Ясно, что магнитное поле будет тем больше, чем больше величина тока, протекающего через катушку головки, поэтому стремятся предельно увеличить ток стирания. Однако нужно помнить, что повышение тока через головку неизбежно приводит к ее интенсивному нагреванию, что, во-первых, может привести к ускоренному выходу головки из строя, а, во-вторых, при значительном нагреве головки может произойти размягчение и даже расплавление магнитной ленты, особенно при низких скоростях ее движения (9,53 и 4,76 *см/сек*).

При выборе стирающей головки не нужно стремиться к приобретению слишком миниатюрных, а также запрессованных в легкоплавкую пластмассу головок (например, от магнитофона «Мелодия»). Лучше всего применять головки от магнитофонов «Днепр-10» и «Днепр-11» (ток стирания 100 *ма*) и от «Яузы-5» (ток стирания 50 *ма*).

Защита головок от наводок необходима потому, что рабочий уровень магнитного поля ленты и э. д. с., развиваемая головкой, значительно ниже магнитного и электрического полей, создаваемых различными источниками помех (трансформатором питания, электродвигателями и др.). Наиболее подверженной воздействию наводок является воспроизводящая головка; ее экранированию должно быть уделено особое внимание.

Для воспроизводящей головки рекомендуется применять двойной, а для магнитофонов 1-го класса — даже тройной магнитный экран.

Конструкция экранов может быть произвольной. Экранировка головки должна быть одинаково надежной со всех сторон, в том чис-

ле сверху и снизу, поэтому экраны обычно приходится делать разъемными, либо состоящими из двух одинаковых половинок, либо имеющими съемные крыши (или днища).

Лучшим материалом для экрана нужно считать пермаллой, однако самостоятельно изготовить экран из него довольно трудно. Если не удается достать готовый экран от промышленного магнитофона, его можно изготовить из стали толщиной 0,5—1,0 *мм*.

Установка и регулировка (юстировка) головок

Способы механического закрепления головок весьма разнообразны и во многом зависят от общей конструкции и компоновки магнитофона. Когда это возможно, рекомендуется крепить головки способом, показанным на рис. 6-12. Треугольная платформа-основание изготавливается из миллиметровой стали по размерам, определяемым габаритами головки. Головка закрепляется на платформе неподвижно, а сама платформа с помощью трех регулировочных винтов позволяет добиться идеальной перпендикулярности рабочей щели головки и ленты (два передних винта) и полного прилегания головки к ленте (задний винт). Кроме того, вращением всех трех винтов головку можно поднять и опустить на необходимое расстояние, не нарушая при этом двух указанных ранее регулировок.

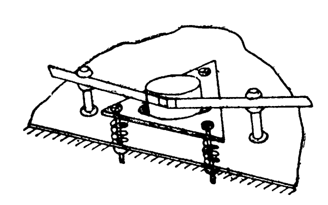


Рис. 6-12. Способ механического крепления головки на подвижной регулировочной платформе.

Для того, чтобы в процессе работы магнитофона не нарушалась однажды произведенная регулировка, необходимо, чтобы отверстия в платформе точно соответствовали размеру регулировочных болтов, чтобы пружины под платформой были достаточно сильными и чтобы резьбовые буксы, в которые ввинчиваются регулировочные винты, были такой высоты, которая полностью исключала бы качание ввернутых в них регулировочных винтов.

Проверка правильности установки воспроизводящей головки производится следующим образом. Прежде всего устанавливают головку по высоте относительно ленты, для чего при двухдорожечной записи в небольшом отрезке ленты делают вырез глубиной 2,8 *мм*, как показано на рис. 6-13, *а*, и с помощью регулировочных винтов устанавливают на глаз рабочую щель головки по отношению к вырезу так, как показано на рис. 6-13, *б* и *в*. При этом лента должна быть хорошо натянута и плотно прилегать как к головке, так и к направляющим колонкам. Затем включают магнитофон на воспроизведение и прослушивают стандартную частотную запись (тест-фильм), контролируя одновременно величину выходного напряжения (с помощью вольтметра) на громкоговорителе или линейном выходе.

В процессе прослушивания пробуют осторожно вращать по очереди передние регулировочные винты на 1—2 оборота в обе стороны, наблюдая за показаниями вольтметра. Если при вращении одного из винтов в какую-то сторону напряжение будет увеличиваться,

нужно продолжать вращать этот винт до получения наибольшего напряжения.

При правильной установке головки любой поворот любого регулировочного винта будет сопровождаться уменьшением выходного напряжения.

Регулировку лучше всего производить на самой высокой частоте и при наибольшей скорости движения ленты.

Тест-фильм можно сделать самому. Для этого нужно на хорошем, правильно отрегулированном и проверенном магнитофоне записать сигналы частот от звукового генератора длительностью по

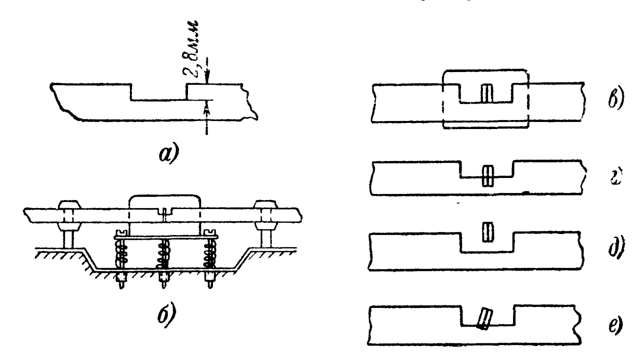


Рис. 6-13. Проверка правильности установки воспроизводящей головки при двухдорожечной записи.

1—2 *мин* на каждую частоту при одинаковом входном сигнале. Записывать нужно следующие частоты: 40, 60, 100, 200, 400, 1 000, 2 000, 4 000, 6 000, 8 000, 10 000, 12 000 и 14 000 *гц*. Такая самодельная запись не может заменить стандартного тест-фильма, но пользуясь ею, можно достаточно точно найти положение головки воспроизведения и приблизительно оценить полосу воспроизведения магнитофоном частот. Запись должна производиться на полноценной ленте (желательно типа 6).

Зависимость параметров магнитофона от положения воспроизводящей головки относительно магнитной ленты очень велика. Наиболее характерны следующие конкретные случаи:

1. Рабочая щель головки опущена (рис. 6-13, *г*). В этом случае при двухдорожечной записи будет прослушиваться запись, сделанная на другой дорожке. В однодорожечном магнитофоне такое смещение головки приведет лишь к незначительному уменьшению громкости, а при смещении порядка 10—15% по высоте вообще не будет заметно.

2. Рабочая щель головки поднята (рис. 6-13, *д*). При двухдорожечной записи сигнал будет ослаблен, причем подъем головки всего на 1,5 *мм* приведет к уменьшению сигнала вдвое и соответственно к такому же возрастанию шумов. При четырехдорожечной записи смещение головки всего на 1 *мм* приведет к полному пропаданию записи.

3. Рабочая щель головки неперпедикулярна ленте (рис. 6-13, *е*). Такое отклонение приводит к неизбежной потере высших частот,

причем перекос на 15—20° приводит практически к полной потере частот свыше 5 *кгц* (при скорости 19,05 *см/сек*).

4. Головка установлена неперпендикулярно к основанию лентопротяжного механизма и касается ленты не по всей ширине рабочей щели. В этом случае имеют место резкое уменьшение отдачи головки и ослабление воспроизведения высоких частот.

Правильная установка записывающей головки должна обеспечить точно такое же положение рабочей щели относительно ленты, как и у воспроизводящей головки. Контроль правильности установки записывающей головки значительно сложнее.

Проверку обычно производят методом последовательных пробных записей с последующим контролем уровня выходного напряжения при воспроизведении, причем при каждой новой записи немного изменяют угол наклона записывающей головки по отношению к ленте.

Радиолюбителям можно рекомендовать два более простых способа точной регулировки положения записывающей головки.

Первый способ состоит в том, что на время регулировки выводы воспроизводящей головки отпаивают от схемы и подключают непосредственно к зажимам лампового милливольтметра с чувствительностью не хуже 10 *мв* на всю шкалу (например, ЛВ-9, МВЛ-2 и др.).

На входе усилителя подают сигнал с частотой 8—10 *кгц* от звукового генератора и начинают запись. При этом милливольтметр должен показать хотя бы очень небольшое напряжение. Продолжая вести запись и наблюдая за показаниями милливольтметра, начинают вращать один из передних регулировочных винтов крепления головки. При этом напряжение на выходе воспроизводящей головки начнет либо уменьшаться, либо увеличиваться. В первом случае нужно изменить направление вращения регулировочного винта, во втором — продолжать вращение до тех пор, пока напряжение не достигнет максимума, после которого оно будет вновь уменьшаться.

После такой регулировки необходимо с помощью кусочка прорезанной ленты (рис. 6-13) убедиться, что положение головки по высоте не нарушилось, а если выяснится, что головка сместилась вверх или вниз, придется с помощью другого регулировочного винта вернуть ее на место и повторно произвести юстировку описанным выше способом.

Если в магнитофоне усилители записи и воспроизведения раздельные, воспроизводящую головку отпаивать не надо. Выходное напряжение можно мерить в любой точке схемы канала воспроизведения.

Регулировку положения записывающей головки можно производить только после точной юстировки воспроизводящей головки.

Второй способ менее точен и более трудоемок и по существу не отличается от метода последовательных проб, но он не требует милливольтметра. Записывающую головку с помощью одного из регулировочных винтов устанавливают с небольшим перекосом в одну сторону, затем подают на вход усилителя записи сигнал с частотой 8—10 *кгц* и делают 10—12 пробных записей длительностью по 10—15 *сек,* останавливая после каждой из них магнитофон и поворачивая регулировочный винт ровно на 1 оборот. После этого запись перематывают и прослушивают всю целиком, одновременно контролируя выходное напряжение и отсчитывая номера проб. Та проба, при которой напряжение получится наиболь-

шим, соответствует оптимальному положению головки. Отсчитав номер этой пробы от конца, на столько же оборотов возвращают регулировочный винт.

Правильная установка уиверсальной головки производится точно так же, как и воспроизводящей, и притом только в режиме воспроизведения. При этом автоматически обеспечивается и правильное положение этой головки при записи.

Микрофонный каскад и входные цепи усилителей магнитофона

Входной (микрофонный) каскад усилителя магнитофона является специфичным и весьма ответственным узлом. Специфика его работы состоит в том, что лампа или транзистор этого каскада как в режиме воспроизведения, так и в режиме записи работает при сигнале на управляющей сетке (или базе), не превышающем обычно единиц милливольт. В то же время наличие непосредственно в цепи сетки довольно сложных коммутирующих цепей с большой длиной проводников делает входной каскад наиболее подверженным влиянию различных паразитных наводок. Это обстоятельство заставляет применять ряд особых мер по снижению уровня фона входного каскада, основные из которых мы рассмотрим ниже.

Выбор типа лампы для микрофонного каскада основан на двух критериях: минимальный уровень фона по цепи накала и малая склонность к микрофонному эффекту. Из имеющихся в продаже ламп этим требованиям отвечают пальчиковые лампы 6Н1П, 6Н4П, 6Ж32П, 6Н2П, 6Ж1П, а также менее распространенные и в то же время более виброустойчивые сверхминиатюрные лампы типов 6Н16Б, 6Н17Б, 6Ж1Б и 6Ж5Б. Для снижения наводок по цепи накала смещение на сетку лампы этого каскада практически во всех магнитофонах получают исключительно за счет сеточного тока на резисторе утечки сетки (сопротивление 5—10 *Мом*). Катод лампы всегда заземляется.

Типовые схемы входного каскада на некоторых из перечисленных ламп, а также на транзисторах приведены на рис. 6-14.

Питание цепи накала лампы микрофонного каскада в любительских магнитофонах лучше производить постоянным током; при этом весьма полезно напряжение накала понизить до 5,8—5,5 *в*. Схема простейшего выпрямителя и способ подключения лампы к этому выпрямителю приведены на рис. 6-15, *а*.

При питании накала лампы микрофонного каскада переменным током нужно использовать отдельную накальную обмотку и включать эту обмотку по схеме, приведенной на рис. 6-15, *б*.

Для борьбы с микрофонным эффектом в промышленных магнитофонах бытового назначения обычно не применяют специальных мер. Однако в профессиональных аппаратах лампу микрофонного каскада, как правило, устанавливают для предотвращения микрофонного эффекта не непосредственно на шасси, а на специальной фасонной пружинящей шайбе из тонкой стали или фосфористой бронзы.

В любительских магнитофонах 1-го и 2-го классов также можно рекомендовать применять мягкую, пружинную подвеску лампы.

Режим питания лампы или транзистора микрофонного каскада во многом определяет уровень фона и собственных шумов всего

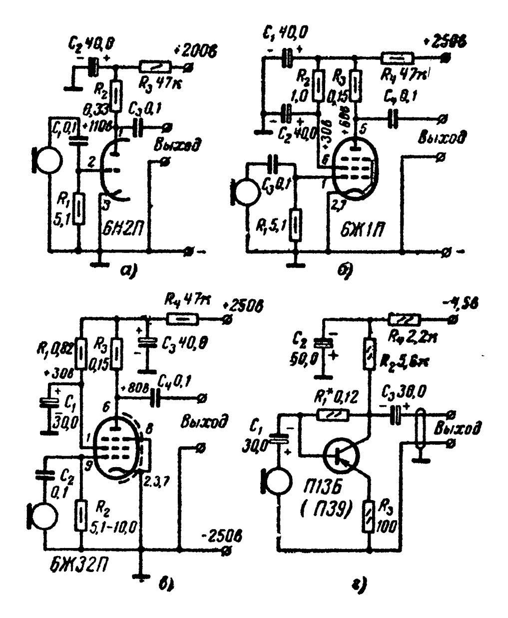


Рис. 6-14. Схемы микрофонных каскадов.

а — каскад на триоде 6Н2П; *б* — каскад на пентоде 6Ж1П; *в* — каскад на пентоде 6Ж32П; *г* — каскад на транзисторе.

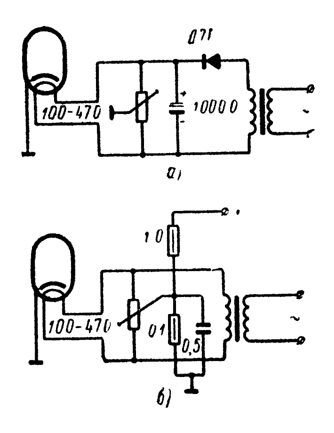


Рис. 6-15. Схемы питания нити накала лампы микрофонного каскада постоянным током (*а*) и от отдельной обмотки трансформатора питания (*б*).

усилителя. Для снижения собственных шумов можно рекомендовать пониженные напряжения питания на всех электродах усилительного элемента.

Напряжения на аноде и экранирующей сетке лампы можно ограничить величинами порядка 25—75 *в*, причем снижение напряжения должно быть достигнуто не за счет увеличения сопротивлений нагрузки в цепи анода и экранирующей сетки, а за счет применения низкоомных делителей с хорошо отфильтрованным выходом.

Если микрофонный каскад собран на транзисторе, напряжение источника питания для него должно быть порядка 2—5 *в*.

Входы усилителя записи также относятся к цепям микрофонного каскада и во многом определяют уровень собственных шумов магнитофона.

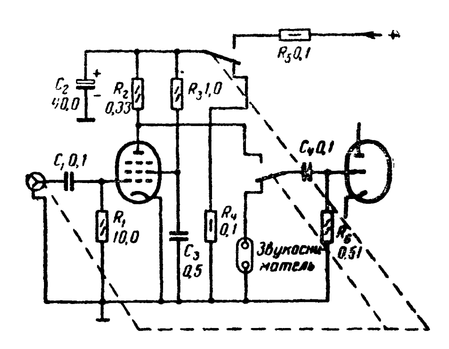


Рис. 6-16. Схема автоматической коммутации микрофонного каскада при вставлении штекера микрофона.

В большинстве промышленных бытовых магнитофонов все входы подключены к сетке микрофонного каскада через соответствующие делители. Такой способ является наиболее экономичным и простым, однако он не обеспечивает оптимального согласования и поэтому не может быть рекомендован для любительских аппаратов. Радиолюбителям можно рекомендовать другой способ, хотя и более сложный, но зато обеспечивающий оптимальное согласование при всех видах записи, минимальный уровень собственных шумов и максимальное использование частотного спектра источника сигнала. Схема такого входного устройства приведена на рис. 6-16. Здесь микрофонный каскад работает только при работе от микрофона. При записи сигналов от других источников каскад полностью отключен и обесточен, причем это отключение происходит автоматически при выключении микрофонного штекера. Поэтому микрофонный каскад не вносит дополнительных шумов и не увеличивает уровня фона.

Сигналы от других источников, имеющих достаточный уровень, подаются на сетку лампы второго каскада через частотнокорректирующие цепочки, параметры которых зависят от характера источника сигнала и уточняются в каждом конкретном случае.

Если микрофонный каскад собран на транзисторе, то подключать к нему можно только специальный низкоомный микрофон. При подключении обычного высокоомного микрофона его выход будет зашунтирован низким входным сопротивлением транзистора, что приведет к уменьшению полезного напряжения микрофона в 5—25 раз и резкому «завалу» частотной характеристики.

При наличии динамического микрофона со встроенным в него согласующим трансформатором (какими комплектуется большинство промышленных ламповых магнитофонов) нужно вскрыть такой

микрофон, аккуратно удалить трансформатор, а выводы микрофона соединить непосредственно с соединительным шлангом. Переделанный таким образом микрофон будет удовлетворительно работать на низкоомный вход транзисторного микрофонного каскада, однако использовать переделанный микрофон для работы с ламповым магнитофоном уже будет нельзя.

Регуляторы громкости, уровня записи, тембра

Для регулирования уровня сигнала в магнитофонах применяют регуляторы уровня записи (при записи) и регуляторы громкости (при воспроизведении записей). Принципиально и тот, и другой регуляторы представляют собой обычные потенциометрические делители напряжения, однако между ними есть и определенные различия.

Регулятор громкости при воспроизведении ничем не отличается от регулятора громкости в приемнике и телевизоре, поэтому к нему применимы все соображения, приведенные в гл. 3 «Усилители низкой частоты».

При раздельных усилителях записи и воспроизведения место включения регулятора громкости не имеет значения, однако обычно избегают включать этот регулятор в первые два каскада усиления, чтобы не увеличивать уровня фона. Поскольку первые два каскада усилителя воспроизведения работают при незначительных амплитудах сигнала, опасность перегрузки этих каскадов отсутствует и вполне возможно включать регулятор громкости между вторым и третьим каскадами.

В универсальных усилителях наиболее целесообразно регулятор громкости включать в цепь сетки оконечного каскада.

Регулятор громкости может быть выполнен с тонкомпенсацией по любой из схем, приведенных в гл. 3 «Усилители» низкой частоты.

Регулятор уровня записи предназначен для установления оптимального уровня сигнала в записывающей головке в процессе записи.

Поскольку запись может производиться от самых различных источников, в том числе и от источников с очень большим уровнем сигнала (например, трансляционная линия), возможна перегрузка первого каскада усилителя записи. Во избежание этого регулятор уровня записи желательно включать как можно ближе к входу усилителя, однако при этом неизбежно возрастает опасность увеличения наводок и повышения уровня фона.

Поскольку указанные соображения противоречивы, регулятор уровня записи обычно включают между первым и вторым каскадами усилителя записи, а в магнитофонах высокого класса регулятор уровня записи заменяют специальным микшерным блоком. Он представляет собой самостоятельное устройство, в котором конструктивно объединены входные клеммы для всех источников записываемых сигналов, частотнокорректирующие и согласующие цепочки и отдельные регуляторы уровня для каждого входа.

Выход микшерного блока соединяется с входом усилителя записи согласованным коаксиальным кабелем. Такой блок, схема которого приведена на рис. 6-17, можно рекомендовать для стационарных любительских магнитофонов 1-го и 2-го классов, а также для магнитофонов других классов, если на них часто осуществляется запись с различных источников или производятся комбинированные записи.

В этой схеме регулирование уровня сигнала от каждого источника осуществляется самостоятельно регулятором (R_7, R_{14} и R_{18}), а усиление микшированного сигнала регулируется общим регулятором R_8.

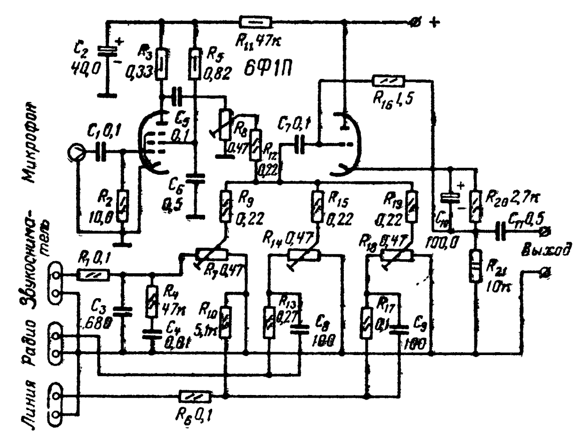


Рис. 6-17. Схема микшерного блока для магнитофонов 1-го класса.

Такая система позволяет осуществлять регулировку уровня сигнала любого источника, не меняя общего усиления.

В отличие от регуляторов громкости регуляторы уровня записи нельзя делать с тонкомпенсацией. Их частотная характеристика должна быть линейной во всем диапазоне частот.

В малогабаритных магнитофонах с одним универсальным усилителем в целях экономии места нередко используют в качестве регулятора уровня записи потенциометр регулятора тембра. В этом случае один и тот же потенциометр с помощью коммутирующего устройства при записи используется как регулятор уровня, а при воспроизведении — как регулятор тембра. Одна из возможных схем такого включения регуляторов приведена на рис. 6-18.

Рис. 6-18. Использование одного потенциометра в качестве регулятора тембра при воспроизведении и регулятора громкости при записи.

Регуляторы тембра в магнитофоне можно включать только в канал воспроизведения.

Линейным выходом условно считают ту точку схемы усилителя воспроизведения, уровень сигнала в которой на частоте 1 000 *гц* равен 0,2—0,5 *в*, а форма частотной характеристики соответствует требованиям ГОСТ для данной скорости. Обычно эта точка схемы выводится на специальное гнездо («Линейный выход» или «Выход на внешний усилитель»), сигнал с кото-

рого используется при переписи с одного магнитофона на другой или воспроизведении записи через внешний усилитель низкой частоты.

Регулировать тембр до линейного выхода недопустимо. Регулирование тембра после линейного выхода ничем не отличается от подобных регулировок в усилителях низкой частоты.

Генераторы тока стирания и подмагничивания

Для стирания старых записей, а также для так называемого подмагничивания ленты в процессе записи используют переменное магнитное поле ультразвуковой частоты (30—120 *кгц*). Для получения такого поля в магнитофоне должен быть специальный генератор, к которому предъявляются следующие требования: полезная мощность ультразвуковых колебаний от 2 до 4 *вт*, частота колебания 30—50 *кгц* для стирания записи и 50—120 *кгц* для подмагничивания ленты (в зависимости от скорости ее движения), форма тока синусоидальная или П-образная, допустимая асимметрия формы тока менее 1% для магнитофонов 1-го класса и не свыше 3% для магнитофонов любого класса, нестабильность амплитуды 1—3%, нестабильность частоты 5—7%.

Для того, чтобы грамотно подойти к выбору схемы генератора, нужно ясно представить себе, на что и в какой степени влияют его параметры.

Частота тока стирания принципиально несущественна: можно стереть запись даже постоянным магнитом, но при стирании записи переменным магнитным полем (в процессе движения ленты мимо сравнительно узкого зазора стирающей головки) нужно, чтобы частота тока стирания превышала наиболее высокие частоты записи, так как в противном случае в моменты, когда положительная полуволна тока стирания меняется на отрицательную, ток стирания равен нулю и стирания не происходит. Если частота тока стирания ниже частоты записи, то в этом «нестираемом» интервале уложится несколько периодов полезного сигнала, который впоследствии будет прослушиваться на новой записи.

Таким образом, чем выше частота стирания, тем лучше. Однако с ростом частоты мощность тока стирания растет пропорционально квадрату частоты, что приводит к такому нагреву стирающей головки, при котором происходит оплавление магнитной ленты, касающейся головки. Поэтому практически частоту тока стирания выбирают в пределах 30—50 *кгц*, а мощность, подводимую к стирающей головке, ограничивают величиной 1,5—2,5 *вт*.

Частота тока подмагничивания зависит одновременно от наивысшей частоты полезного сигнала, ширины рабочего зазора записывающей головки и скорости движения ленты. Во всех случаях чем выше частота подмагничивания, тем лучше. При этом опасность перегрева записывающей головки несущественна, так как в отличие от тока стирания мощность тока подмагничивания обычно не превышает 0,1—0,2 *вт*. Практически для скорости движения ленты 19,05 *см/сек* и зазора в головке порядка 10 *мк* вполне достаточны частоты 50—80 *кгц*.

При частоте подмагничивания ниже 30 *кгц* начинают прослушиваться комбинационные свисты, получающиеся в результате биений частоты генератора и высших составляющих частот записываемого сигнала и его гармоник

Асимметрия формы подмагничивающего тока приводит к резкому возрастанию собственных шумов ленты, причем асимметрия в 1% вызывает увеличение шума на 4 *дб*. В магнитофонах высокого класса применяют исключительно двухтактную схему генератора, несмотря на ее относительно большие сложность и стоимость.

Двухтактную схему генератора можно рекомендовать и для любительских магнитофонов всех классов. Она обладает той особенностью, что в анодной нагрузке такого генератора присутствуют только токи нечетных гармоник (1-й, 3-й, 5-й и т. д.), а в общем проводе — токи четных гармоник. Включив в цепь питания такого генератора контур, настроенный на частоту второй гармоники, можно выделить сигнал с частотой вдвое больше основной и использовать его для подмагничивания, а сигнал с основной частотой — для стирания. При этом частоту основного генератора целесообразно выбрать в пределах 40—45 *кгц*. Схема такого генератора приведена на рис. 6-19.

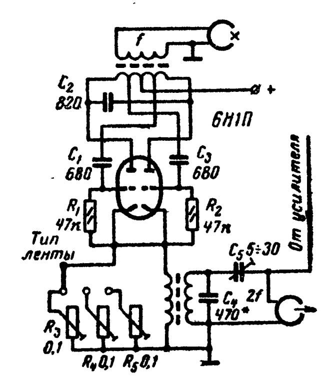


Рис. 6-19. Схема генератора с двумя разными кратными частотами для раздельного стирания и подмагничивания.

На рис. 6-20 приведены наиболее применимые схемы двухтактных генераторов на лампах и транзисторах, а на рис. 6-21 — схемы однотактных генераторов.

Связь генератора с головками стирания и записи может осуществляться многочисленными способами, однако в большинстве случаев сигнал на стирающую головку подают непосредственно с анод-

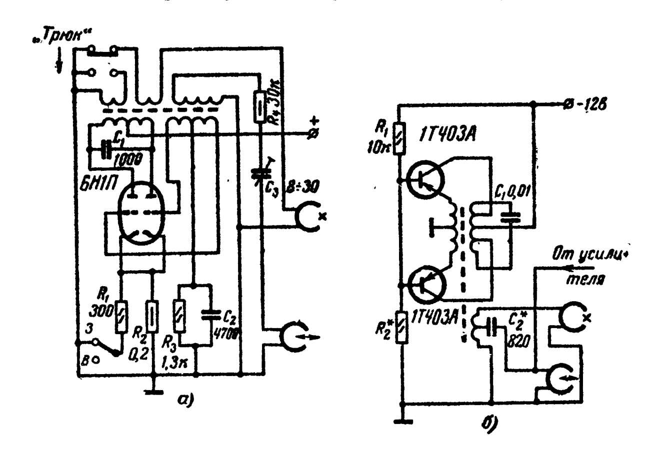


Рис. 6-20. Схемы двухтактных генераторов на лампе (*а*) и транзисторах (*б*).

ного контура генератора (или с одного из его отводов) через разделительный конденсатор емкостью 500—2 000 *пф* в зависимости от величины индуктивного сопротивления головки и частоты тока стирания. Реактивное сопротивление этого конденсатора должно быть незначительным для частоты тока стирания и в то же время препятствовать попаданию на стирающую головку звуковых частот и особенно фона с частотами 50 и 100 *гц*.

Иногда напряжение стирания снимают со специальной обмотки контура генератора, однако особой необходимости в этом нет.

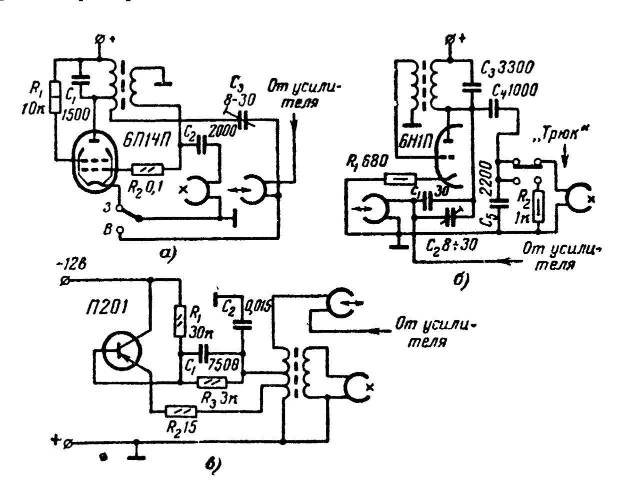


Рис. 6-21. Схемы однотактных генераторов. На пентоде (*а*), триоде (*б*) и транзисторе (*в*).

Высокочастотное напряжение на записывающую головку снимают обычно с обмотки обратной связи контура генератора и подводят к головке через небольшой полупеременный конденсатор емкостью порядка 8—30 *пф*. Изменяя емкость этого конденсатора в процессе регулировки магнитофона, добиваются оптимального уровня тока подмагничивания. Оптимальный ток подмагничивания различен для разных типов ленты. В магнитофонах высокого класса рекомендуется вводить в схему дополнительный переключатель «Тип ленты», с помощью которого можно заранее установить оптимальный ток подмагничивания для двух-трех типов наиболее употребительных лент. Принцип работы такого переключателя состоит в том, что вместо одного полупеременного конденсатора в цепь записывающей головки может включаться по выбору один из трех или четырех конденсаторов, отрегулированных под определенный тип ленты. На рис. 6-22 приведены схемы соединения головки с генератором.

Выбор оптимального режима записи сводится к подбору и получению неискаженной формы тока подмагничивания.

Убедившись, что усилитель записи не вносит искажений и обеспечивает в цепи записывающей головки синусоидальный ток звуковой частоты необходимой величины, приступают к подбору тока подмаг-

ничивания. Для этого нулевой («земляной») конец записывающей головки отпаивают и в образовавшийся разрыв включают на время регулировки непроволочный резистор сопротивлением от 1 до 10 *ом*. (Можно включить параллельно три — пять резисторов типа УЛМ сопротивлением 27 или 30 *ом*). К этому резистору подключают осциллограф, который и будет в этом случае показывать форму тока в головке (именно тока, а не напряжения!).

Включив затем магнитофон на запись (не устанавливая на аппарат ленту), с помощью звукового генератора по фигурам Лиссажу

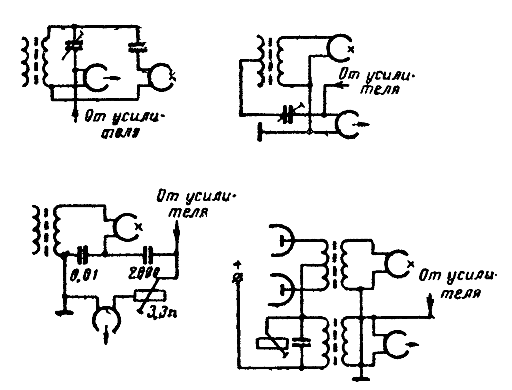


Рис. 6-22. Типовые схемы соединения головок с генератором.

определяют частоту тока подмагничивания и в случае необходимости подстраивают до получения заданной частоты. Одновременно проверяется форма тока, которая должна быть строго синусоидальной. Нужно стремиться к тому, чтобы разница в высоте верхней и нижней половинок синусоиды не превышала 1%. Наконец, нужно убедиться, что при вращении подстроечного конденсатора в цепи головки величина тока подмагничивания изменяется не менее чем в 5—8 раз. После этого на магнитофон устанавливают ленту, на вход усилителя записи подают сигнал с частотой 1 000 *гц*, не превышающий по величине 0,15—0,25 максимального неискаженного, и делают подряд 10—12 пробных записей, каждый раз немного увеличивая ток подмагничивания (начиная от минимального) и замечая соответствующее положение подстроечного конденсатора.

Затем ленту перематывают и прослушивают, одновременно контролируя вольтметром напряжение на выходе усилителя воспроизведения. Оптимальному току подмагничивания, как правило, соответствует наибольший уровень сигнала.

Аналогичным способом находят в случае наличия в схеме переключателя «Тип ленты» оптимальный ток подмагничивания для остальных типов ленты.

Оптимальный режим стирания определяется лишь допустимой температурой нагрева стирающей головки. В пределах этого нагрева чем больше ток стирания, тем лучше. Его величину можно регулировать изменением емкости конденсатора, включенного в цепь головки.

Способы коммутации в любительских магнитофонах

Коммутация различных цепей в магнитофоне в значительной мере определяет эксплуатационную надежность аппарата и уровень собственных шумов и фона.

Наиболее сложной и трудно выполнимой является коммутация головок в аппаратах с общим усилителем и одной универсальной головкой. В этом случае к ламелям или контактным группам переключающего устройства должны быть подпаяны входные и выходные цепи усилителя, что создает благоприятные условия для возникновения паразитных обратных связей и повышает склонность усилителя к самовозбуждению.

Возможны два способа коммутации: механический — с помощью галетного или реечного переключателя и релейный.

При механическом способе неизбежны длинные соединительные провода. При коммутации головок с помощью реле их можно разместить либо на блоке головок, либо в усилителе. В этом случае коммутация реле осуществляется по постоянному току, что упрощает переключатель рода работы, делает несущественным место его расположения и исключает необходимость применения длинных сигнальных проводов. Однако при этом способе нужен еще дополнительный выпрямитель на 12—24 *в* для питания реле, причем требования к фильтрации выпрямленного напряжения для питания реле очень высоки, так как при наличии пульсаций обмотки реле становятся источником весьма значительных наводок на коммутируемые цепи. Тем не менее применение реле позволяет добиться более стабильной работы усилителей магнитофона.

Коммутация цепей коррекции в усилителях записи и воспроизведения принципиально не отличается от коммутации головок; для этих целей можно также рекомендовать либо механический, либо релейный способ коммутации. Если цепи головок в магнитофоне коммутируются с помощью реле, то и для коммутации цепей коррекции целесообразно применить реле.

Для снижения уровня фона от цепей коммутации все эти цепи необходимо монтировать по правилам монтажа входных цепей УНЧ, описанным в гл. 3 «Усилители низкой частоты», а обмотки (катушки) всех реле очень полезно обернуть одним-двумя слоями станиолевой ленты или тонкой фольгой, которую затем надо соединить с шасси. Полезно между катушкой реле и его контактными группами установить тонкий стальной или жестяной экран, который также нужно соединить с шасси.

Основные параметры лентопротяжных механизмов

К важнейшим параметрам любого лентопротяжного механизма относятся в первую очередь величины рабочих скоростей движения ленты, стабильность этих скоростей во времени, величина и равномерность натяжения ленты в любой момент рабочего хода, скорости прямой и обратной перемотки, детонация, продольные и поперечные вибрации ленты, плотность и равномерность прилегания ленты к головкам, степень проскальзывания ленты на ведущем валу, степень перенатяжения ленты и петлеобразования в моменты пуска и остановки и ряд других.

При принятом нами условном делении магнитофонов на классы номинальные значения скоростей движения ленты и допустимые

отклонения от среднего значения будут для магнитофонов 1-го класса 19,05 *см/сек*±1%, для магнитофонов 2-го класса 19,05 и 9,53 *см/сек*±2%, для магнитофонов 3-го класса 9,53 и 4,76 *см/сек* ±3%. Для репортерских любительских магнитофонов и диктофонов можно рекомендовать скорость 2,38 *см/сек*, так как на современных типах лент при этой скорости обеспечивается удовлетворительная запись речи.

Неравномерность скорости движения ленты сильно сказывается на качестве звучания (из-за большой чувствительности нашего уха даже к незначительным изменениям высоты тона).

Для любительских магнитофонов неравномерность скорости движения ленты (пиковое значение в диапазоне частот от 0,5 до 300 *гц*) не должна превышать значения ±0,4% для скорости 19,05 *см/сек*, ±0,6% для скорости 9,53 *см/сек* и ±1,5% для скорости 4,76 *см/сек*. Для обеспечения такой высокой стабильности скорости движения ленты во всех магнитофонах независимо от их класса применяют специальные меры (подбор специальных двигателей, применение массивных маховиков на оси ведущего вала, применение стабилизирующих роликов, пружинных и масляных демпферов и др.).

Помимо протяжения ленты во время записи и воспроизведения, лентопротяжный механизм должен обеспечивать ускоренную перемотку в обоих направлениях. Для выполнения этой задачи либо применяют реверсивный двигатель, изменяющий направление вращения при переключении его обмоток, либо изменяют направление вращения правого и левого узлов магнитофона с помощью механических или электромеханических устройств.

В двух- и трехмоторных магнитофонах функции протяжения и перемотки ленты разделяют между разными двигателями.

При выборе скорости ускоренной перемотки находят компромисс между временем перемотки полного рулона ленты и допустимым натяжением ленты, особенно в момент включения режима перемотки. Скорость перемотки лежит обычно в пределах от 4 до 8 *м/сек*. К параметрам лентопротяжного механизма может быть отнесена и расчетная емкость кассет. Здесь можно рекомендовать следующие соображения: время звучания одной катушки с лентой для двухдорожечных магнитофонов должно быть равно 1 *ч*, поэтому при скорости движения ленты 19,05 *см/сек* желательно применять стандартные кассеты диаметром 177 *мм*, вмещающие 350 *м* ленты типа 2, а при скорости 9,53 *см/сек* — кассеты диаметром 127 *мм* (180—200 *м*).

Однако применение кассет диаметром 177 *мм* приводит к тому, что размеры лицевой панели магнитофона оказываются довольно большими, поэтому для магнитофонов 2-го и 3-го классов переносного типа можно рекомендовать кассеты диаметром 147 *мм*, вмещающие 250 *м* ленты. В этом случае длительность непрерывной записи составит 40 *мин* на двух дорожках при скорости 19,05 *см/сек*.

Наконец, для портативных магнитофонов, имеющих скорость 4,76 *см/сек*, и диктофонов, имеющих скорость 2,38 *см/сек*, вполне достаточны кассеты емкостью 100 *м*.

Кинематические схемы лентопротяжных механизмов

Наиболее простую и в то же время обеспечивающую наилучшие механические параметры кинематическую схему имеют магнитофоны с тремя двигателями, где ведущий двигатель выполняет только функ-

цию равномерного протяжения магнитной ленты мимо головок. Два других двигателя с противоположными направлениями вращения обеспечивают подмотку, подтормаживание и ускоренную перемотку в обоих направлениях. Благодаря такому разделению функций упрощается кинематическая схема, обеспечивается управление аппаратом, резко возрастает его надежность.

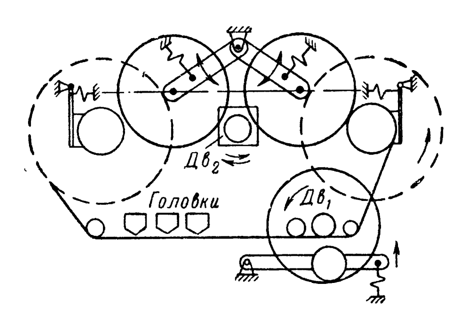


Рис. 6-23. Кинематическая схема магнитофона с двухмоторным лентопротяжным механизмом, ведущий двигатель которого не связан с боковыми узлами.

Единственный недостаток трехмоторного магнитофона — его высокая стоимость, а также значительные размеры и вес.

Кинематическая схема, приведенная на рис. 6-23, содержит два двигателя. Один из них ($Дв_1$) — ведущий — обеспечивает протяжение ленты и подмотку ее на приемную кассету, другой ($Дв_2$) предназначен только для ускоренной перемотки вперед и назад. При такой системе выгодно иметь двигатель перемотки с односторонним вращением, а направление перемотки изменять с помощью простого механизма на базе промежуточного ролика, а не путем электрического реверсирования двигателя.

Двухмоторные механизмы могут быть рекомендованы для аппаратов 2-го и 3-го классов.

При конструировании магнитофона в любительских условиях нужно помнить, что часто проще приобрести два или даже три двигателя, чем сделать весь комплекс сложных механических узлов и устройств, обязательных для одномоторного аппарата.

Одномоторные магнитофоны есть смысл делать лишь в тех случаях, когда в них будут применяться узлы и детали лентопротяженных механизмов от промышленных аппаратов.

Рис. 6-24. Кинематическая схема одномоторного лентопротяжного механизма с косвенным приводом ведущего вала и стабилизацией натяжения ленты.

Существует множество различных вариантов кинематических схем одномоторных магнитофонов. Мы приведем для примера одну из них (рис. 6-24). В этой конструкции ось двигателя не является ведущей; протяжение ленты осуществляется промежуточным ведущим валом *В* с массивным маховиком, соединенным с осью двигателя при помощи промежуточ-

ного обрезиненного ролика *P*. Это позволяет применить в магнитофоне быстроходный двигатель и сравнительно легко получить две, три и даже четыре скорости путем изготовления ступенчатого шкива. Дополнив эту систему устройством для стабилизации скорости движения ленты, можно получить механические параметры соответствующие 2-му классу.

К недостаткам схемы относятся ее сложность и наличие большого количества точеных деталей, изготовление которых в любительских условиях связано с трудностями.

Электродвигатели

Электродвигатель в значительной мере определяет качественные показатели магнитофона.

Важнейшим показателем двигателя является его механическая характеристика (зависимость скорости вращения от нагрузки на его оси). Различают двигатели с мягкой, жесткой и абсолютно жесткой характеристиками.

Двигатели с мягкой характеристикой могут быть использованы только в двух- или трехмоторных конструкциях в качестве подматывающих и перематывающих.

В качестве ведущего могут быть использованы двигатели, имеющие жесткую и абсолютно жесткую характеристики.

Применение двигателей с мягкой характеристикой в одномоторных конструкциях недопустимо.

Абсолютно жесткую характеристику имеют синхронные двигатели, но они обладают значительно меньшим к. п. д., чем асинхронные, и бо́льшими габаритами и весом.

В промышленных бытовых магнитофонах и большинстве любительских одномоторных аппаратов применяются однофазные асинхронные конденсаторные двигатели, имеющие жесткую характеристику, достаточную величину пускового момента и главное допускающие возможность электрического реверсирования. В табл. 6-2 приведены данные некоторых типов двигателей с указанием их основных параметров.

Ассортимент двигателей постоянного тока для батарейных транзисторных магнитофонов весьма ограничен. Могут быть рекомендованы лишь двигатели типов ДКС-8, ДК-0,5 и 4ДКС-8. Последний имеет наибольший пусковой момент и наибольшую мощность на валу, но зато он потребляет вдвое бо́льшую мощность по сравнению с двигателем ДКС-8 (1,75 *вт* против 0,9 *вт*).

Для сверхминиатюрных магнитофонов можно использовать двигатели типа 2ДКС-7, работающие от напряжения 6 *в*, но сравнительно низкая мощность на валу этого двигателя позволяет использовать кассеты емкостью не свыше 100 *м*.

Электрический режим двигателей существенно влияет на надежность работы магнитофона, причем к ухудшению работы магнитофона ведет как недостаточное, так и избыточное напряжение на его обмотках.

Для ведущего двигателя в трех- или двухмоторном аппарате допустимо некоторое понижение напряжения на его обмотках, так как незначительное уменьшение тягового усиления, происходящее при этом, несущественно, тогда как долговечность двигателя повышается и, что наиболее важно, уменьшается нагрев магнитофона.

Таблица 6-2

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Скорость вращения, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*	Пусковой момент, *г·см*
ДВД-1Р	220	1500/750	20/10	118/105	1 300/900
ДВС-VI	220	1500	12	78	1 000
ДВС-010/5-4	220	1500	15	100	1 000
ДВА-УЗ	220	1430	30	90	2 000
ДВА-У4	220	610	6	37	1 100
ДПА-010/5-4	220	890	13	100	3 000
ДПА-VI	220	890	13	100	3 000
ДПА-У2	220	760	8	67	3 000
ЭГД-1 ЭГД-4	220	2 800	2	13	80
ЭГД-2	110	2 800	5	35	120
ДАГ-1	110/220	1 200	2	14	80
АД-2	127	1 480	5	36	500
АД-5	127	1 450	5	35	350
ДМ-2	180	960/460	14	50/59	1 000
ЭПУ	110	2 500	2	15	80
КД-2	127	2 800	8	55	700

В то же время снижение напряжения уменьшает пусковой момент, что увеличивает время разгона двигателя. Наилучшим следует считать такой способ питания ведущего двигателя, при котором в момент пуска на него подается повышенное (на 20—50%) напряжение, а после разгона двигателя с помощью центробежного регулятора или реле времени с выдержкой 3—5 *сек* устанавливается напряжение на 10—20% ниже номинального.

Такую же систему можно рекомендовать и для одномоторных магнитофонов, однако если двигатель недостаточно мощный, после разгона повышенным напряжением на нем нужно устанавливать напряжение, равное номинальному.

Недопустимо в установившемся рабочем режиме подавать на ведущий двигатель повышенное напряжение, так как это приводит к интенсивному перегреву. Если при номинальном напряжении в установившемся режиме усилие на валу двигателя недостаточно, значит тип двигателя выбран неверно. В этом случае нужно не форсировать его режим, а применить другой двигатель.

Двигатели боковых узлов, как правило, выбирают с мягкими характеристиками, у которых усилие на валу пропорционально приложенному напряжению; этим и пользуются при регулировании тягового усилия. В режиме перемотки на боковой двигатель подают напряжение, значительно превышающее номинальное (на 40—80%), чем обеспечивается быстрая и плотная перемотка ленты даже при использовании достаточно маломощных двигателей. Перегрева двигателя при этом не происходит, так как перемотка продолжается всего 1—2 *мин.* В режиме воспроизведения или записи боковые двигатели выполняют функцию подмотки или подтормаживания; на них подают пониженное напряжение (20—50% номинального).

Узел прижимного механизма магнитофона

Основное назначение прижимного механизма — обеспечить стабильное протяжение ленты без проскальзывания при любом соотношении количества ленты на приемной и подающей кассетах. Обычно понятие узла прижимного механизма значительно расширяют, понимая под ним комплекс механизмов, обеспечивающих также отведение ленты от головок при ускоренной перемотке, прижим ленты к головкам во время рабочего хода, обеспечение стабильного положения ленты по высоте в зоне расположения головок, стабилизацию продольного натяжения ленты и предотвращение ее рывков и пр.

Рассмотрим наиболее приемлемые для любительских магнитофонов конструкции деталей узла прижимного механизма.

Прижимной ролик — главная деталь прижимного механизма. Он представляет собой металлический цилиндр высотой 15—20 *мм*, наружная поверхность которого обрезинена. Внутри прижимного ролика запрессован латунный подшипник скольжения или два миниатюрных шариковых подшипника.

Наружная обрезиненная поверхность ролика должна быть идеально ровной.

Для любительских магнитофонов можно использовать прижимные ролики от промышленных магнитофонов.

Прижимной ролик можно сделать самостоятельно. Прежде всего нужно достать небольшой кусок эластичной резиновой трубки (из хорошей, мягкой термостойкой резины) с наружным диаметром 25—35 *мм* и толщиной стенки не менее 5 *мм*. Из цельного куска бронзы или латуни вытачивают заготовку по высоте ролика. Наружный диаметр заготовки на 1,5—2,0 *мм* должен превышать внутренний диаметр резиновой трубки. Наружную поверхность заготовки желательно накатать.

Затем внутреннюю поверхность резиновой трубки смазывают клеем и натягивают на заготовку. После полного высыхания клея выступающие края резины обрезают, заготовку закрепляют в токарном станке протачивают резину на больших оборотах и шлифуют мелкой шкуркой.

Внутреннее отверстие ролика и ось, на которой он крепится, образуют подшипник скольжения, поэтому к чистоте обработки этих поверхностей и допускам на различие внутреннего и внешнего диаметров предъявляются такие же требования, как и к обычным подшипникам скольжения.

В процессе эксплуатации подшипник необходимо периодически смазывать, следя за тем, чтобы масло не попадало на резиновую поверхность ролика.

Прижимной рычаг может быть любой конструкции. Его задача — прижимать ролик к ведущему валу при рабочем ходе и отводить его от вала при ускоренной перемотке и остановке. Во избежание больших ударных нагрузок на ведущую ось при включении рабочего хода, не следует отводить прижимной ролик от ведущей оси больше, чем на 2—5 *мм*.

На прижимном рычаге полезно установить специальные хорошо отполированные штифты (шпильки), которые отводили бы ленту от головок при отжатии прижимного ролика, а также пружинные скобки-прижимы с наклеенными на них фетровыми или замшевыми полосками для прижимания ленты к рабочим поверхностям головок при рабочем ходе. Усилие этих прижимов должно быть незначитель-

ным, достаточным лишь для того, чтобы предотвратить неплотное прилегание ленты к головкам.

Если коммутация осуществляется с помощью реле и электромагнитов, прижимной рычаг целесообразно приводить в действие с помощью электромагнита. Одна из простых конструкций такого электромагнитного привода показана на рис. 6-25.

Стабилизаторы натяжения ленты в промышленных магнитофонах бытового назначения обычно не применяются. Основное назначение стабилизатора — предотвращение рывков и проскальзывания ленты на так называемом «закрытом» рабочем участке — между входным и выходным стабилизаторами.

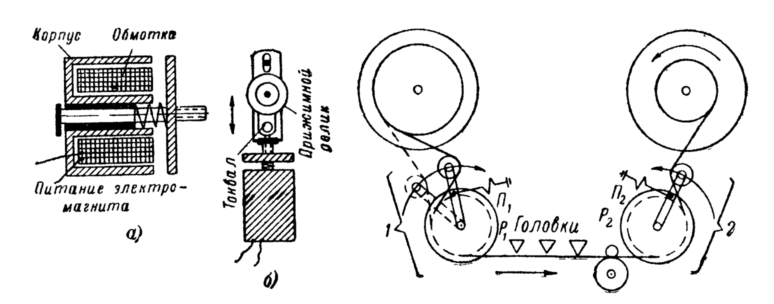


Рис. 6-25. Прижимной электромагнит.

а — конструкция; *б* — принцип действия.

Рис. 6-26. Стабилизаторы натяжения ленты.

1 — входной; *2* — выходной.

Принцип действия стабилизатора ясен из рис. 6-26. При остановленном лентопротяжном механизме за счет усилия пружин $П_1$ между входным стабилизатором *1* и подающей кассетой создается петля ленты. В момент включения лентопротяжного механизма ведущий вал начинает протягивать ленту, тогда как подающая кассета еще не начала двигаться. Если в магнитофоне нет стабилизатора, происходит неизбежное перенатяжение ленты, продолжающееся до тех пор, пока подающая кассета не достигнет нормальной скорости вращения.

При наличии стабилизатора первый рывок принимает на себя подпружинный рычаг, а не лента.

Плавность движения ленты во многом определяется и стабилизирующим действием маховиков, обычно устанавливаемых на массивных стабилизирующих роликах $Р_1$ и $Р_2$.

Хотя устройство стабилизаторов несложно, любители, как правило, их не применяют. Однако для аппаратов 1-го класса, а также для стационарных магнитофонов 2-го класса их применение вполне оправдано.

Боковые узлы магнитофона

Боковые узлы лентопротяжного механизма предназначаются для подмотки и подтормаживания ленты на приемной и подающей кассетах во время рабочего хода и для ускоренной перемотки в прямом и обратном направлениях. К боковым узлам часто относят также тормозные устройства для остановки кассет.

По принципу работы все боковые узлы принято разделять на активные и пассивные. Активным боковым узлом называется устройство, состоящее из электродвигателя (с мягкой механической характеристикой) с насаженным непосредственно на его ось подкассетником и собственно тормозным механизмом — электрическим или механическим.

Активный боковой узел прост по конструкции, содержит минимальное количество деталей и при надлежащем выборе двигателя и способа торможения обеспечивает почти идеальные механические характеристики. К недостаткам активных боковых узлов можно отнести только необходимость применения отдельного специального двигателя и бóльшие по сравнению с другими типами узлов габариты.

Пассивные боковые узлы не содержат собственных двигателей и работают с помощью различных приводов (пасики, тросы, промежуточные обрезиненные ролики и т. п.) от ведущего двигателя или специального вспомогательного двигателя перемотки.

В силу того что при работе магнитофона диаметры рулонов ленты на подающей и приемной кассетах непрерывно изменяются, изменяется и угловая скорость кассет. Если у активных боковых узлов такое постоянное изменение угловой скорости при неизменной величине натяжения ленты оказывается возможным благодаря мягкой характеристике двигателя, то у пассивных боковых узлов такой же эффект может быть достигнут лишь путем использования фрикционов с переменной величиной проскальзывания. Это заставляет усложнять конструкции боковых узлов, вводить в них специальные дополнительные детали, фрикционные материалы (фетр, резину, кожу и т. п.), что не только увеличивает трудоемкость изготовления магнитофона, но и снижает его надежность.

Таким образом, при конструировании стационарных магнитофонов желательно применять активные боковые узлы. Пассивные боковые узлы приходится применять в одномоторных лентопротяжных механизмах.

Пассивный боковой узел обычно представляет собой муфту, приводимую во вращение ведущим двигателем. По способу передачи вращающего момента от ведущей части муфты к ведомой различают муфты фрикционные и электромагнитные. Первые имеют более простую конструкцию и обычно используются в магнитофонах с механическим управлением.

Электромагнитные муфты целесообразно применять в сочетании с другими электромагнитными узлами — прижимным электромагнитом, системой автостопа и пр. В этом случае значительно упрощается система коммутации (можно применить обычные электрические кнопочные или клавишные переключатели) и оказывается возможным дистанционное управление.

Заметим, что самостоятельное изготовление боковых узлов (особенно электромагнитных) в любительских условиях нецелесообразно. Лучше приобрести готовые узлы от промышленных магнитофонов.

Тормозные устройства нужны для быстрой остановки кассет и предотвращения разматывания ленты.

Существует множество самых разнообразных конструкций и систем тормозных устройств — механические, электрические, комбинированные, электромеханические и др. Мы ограничимся приведением нескольких конкретных конструкций тормозных устройств достаточно

простых и надежных, которые можно применять в любительских магнитофонах.

Механический колодочный тормоз, приведенный на рис. 6-27, *а*, — самый простой и достаточно надежный. Принцип его действия ясен из рисунка. В этой системе нормальное состояние подкассетников — заторможенное. Во время включения лентопротяжного механизма в любой рабочий режим рычаг тормоза отводится механическим способом на 2—4 *мм* с помощью тяги или троса, связанных с ручкой или кнопкой управления.

В качестве фрикционного материала лучше всего применять фетр или кожу. Первый дает более мягкое торможение, второй — более жесткое.

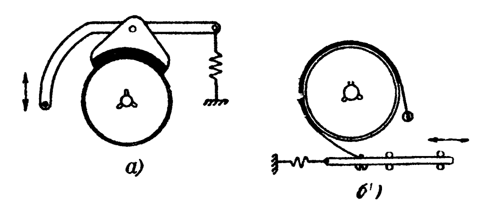


Рис. 6-27. Конструкции тормозов.

На рис. 6-27, *б* показаны конструкция и схема действия другого механического тормоза — ленточного. Он предстваляет собой металлическую ленту с наклеенной на ней изнутри фрикционной накладкой. Один конец ленты укреплен неподвижно на стойке или штырьке, другой может перемещаться в небольших пределах вместе с направляющей, связанной с ручкой или кнопкой управления.

Ленточный тормоз по сравнению с описанным выше колодочным обладает более мягким и плавным торможением и не создает одностороннего радиального давления на ось бокового узла.

В лентопротяжных механизмах с активными боковыми узлами, помимо описанного механического торможения, возможно электрическое торможение. Для этого при остановке боковые двигатели не просто обесточиваются, а на них вместо рабочего переменного напряжения на 2—3 *сек* подается постоянное напряжение такой величины и полярности, чтобы противодействующий момент был достаточным для быстрой и полной остановки двигателей. Сразу же после полной остановки двигателя это напряжение должно быть снято, а обмотки двигателя — соединены накоротко. (Это необходимо для того, чтобы предотвратить свободное вращение обесточенного двигателя.) Такие переключения легко могут быть осуществлены с помощью любых реле времени.

Дополнительные устройства в любительских магнитофонах

В магнитофонах часто применяются дополнительные устройства, повышающие удобство пользования аппаратом. Таких устройств в магнитофоне может быть довольно много. Рассмотрим лишь те

из них, которые целесообразно применять в любительских аппаратах.

Устройства для автоматической остановки лентопротяжного механизма при обрыве или окончании ленты могут быть выполнены

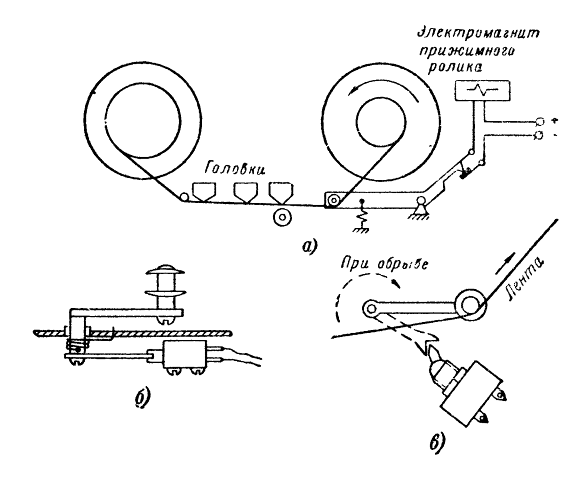


Рис. 6-28. Устройства для автоматической остановки.

различными способами. В наиболее простом устройстве (рис. 6-28, *а*) в качестве датчика используется рычаг с пружиной, верхняя часть которого расположена над панелью и при работе магнитофона удерживается в определенном положении.

Нижний конец рычага (рис. 6-28, *б*) расположен под панелью и соединен с электрическим выключателем, который включен в цепь прижимного электромагнита или при отсутствии его в цепь питания электродвигателей. При обрыве или окончании ленты пружина отводит рычаг; при этом с помощью выключателя разрывается цепь прижимного электромагнита или двигателей (рис. 6-28, *в*).

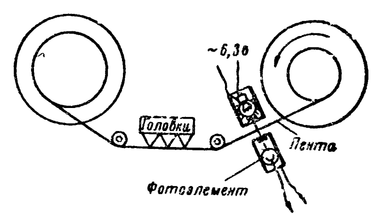


Рис. 6-29. Устройство для автоматической остановки с фотоэлементом.

Другое приспособление (рис. 6-29) построено по принципу фотоэлектрического контроля. Здесь датчиком обрыва или окончания ленты служит фотоэлемент.

Пока лента цела, она преграждает путь световому лучу от лампочки к светочувствительному элементу (может быть применен любой фотодиод, фотоэлемент или фоторезистор).

Конструкция приспособления может быть любой. Важно лишь, чтобы на фотоэлемент не попадал посторонний свет, а интенсивность светового потока от лампочки была достаточной для срабатывания системы. Электрическая часть автомата может содержать простейший ламповый или транзисторный усилитель и реле, ком-

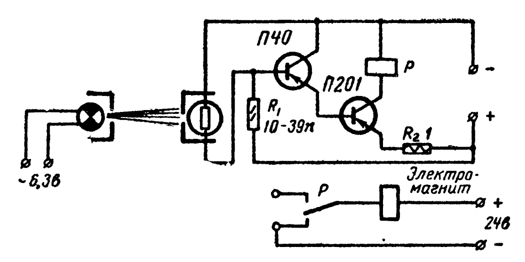


Рис. 6-30. Схема усилителя устройства для автоматической остановки.

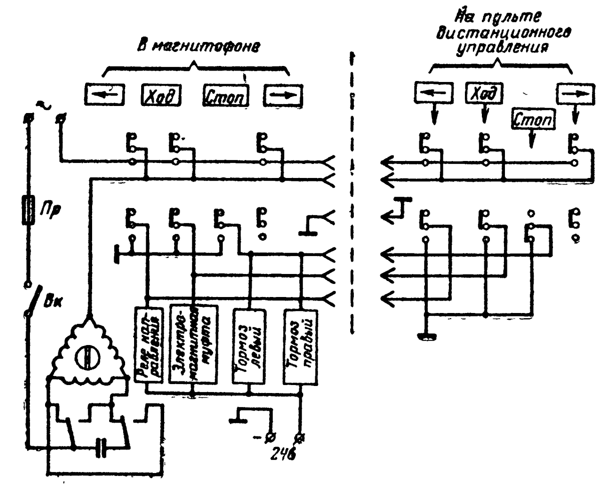


Рис. 6-31. Схема дистанционного управления магнитофоном.

мутирующее цепь питания прижимного электромагнита или двигателей.

На рис. 6-30 дана электрическая схема транзисторного усилителя и исполнительного механизма автостопа.

В качестве счетчика ленты или указателя места записи может быть использован любой счетчик оборотов, часовой механизм, ось которого соединена с осью ведущего вала магнитофона.

К дополнительным устройствам в магнитофоне могут быть отнесены и различные системы дистанционного управлеиия. Подавляющее большинство их использует принцип электромагнитного управления лентопротяжным механизмом, поэтому дистанционное управление наиболее целесообразно применять в аппаратах, где узел прижимного механизма, узлы подмотки, электродвигатели и тормоза управляются с помощью электромагнитных муфт и соленоидов.

В аппаратах с механическим (рычажным) управлением осуществить дистанционное управление очень трудно.

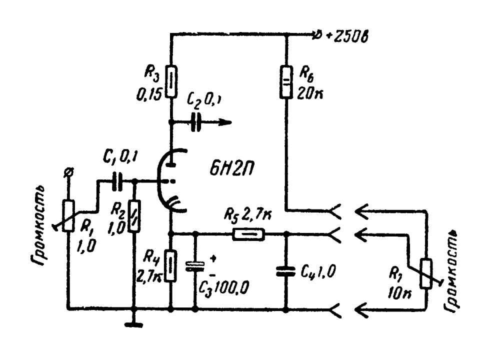


Рис. 6-32. Схема дистанционной регулировки громкости.

На рис. 6-31 приведена несложная схема, позволяющая дистанционно включать и выключать лентопротяжный механизм в режиме воспроизведения, а также осуществлять прямую и обратную ускоренную перемотку ленты.

Связь пульта дистанционного управления с магнитофоном осуществляется с помощью многожильного кабеля.

При желании можно осуществить и дистанционное управление громкостью, однако это потребует усложнения магнитофона. Дело в том, что регулятор громкости выносить из магнитофона нельзя. Поэтому для регулирования громкости приходится прибегать к косвенному способу — изменять смещение в одном из каскадов усилителя воспроизведения, запирая и отпирая лампу этого каскада. Одна из возможных схем такого регулятора приведена на рис. 6-32. При пользовании таким регулятором регулятор громкости магнитофона должен быть установлен в положение максимальной громкости.

Стереофонические магнитофоны

В последнее время все большее распространение начинают получать двухканальные стереофонические магнитофоны.

Стереофонический магнитофон содержит два самостоятельных усилителя записи и два усилителя воспроизведения (или два одинаковых, но полностью разобщенных универсальных усилителя, имеющих совершенно одинаковые параметры). В магнитофоне при-

меняются специальные стереофонические головки, конструктивно представляющие собой блок из двух самостоятельных и полностью разобщенных головок, не имеющих между собой ни электрической, ни магнитной связи.

Таким образом, стереофонический магнитофон — это по существу два электрически не связанных магнитофона, каждый со своим каналом записи и воспроизведения.

Каждый из каналов стереомагнитофона производит или считывает запись на отведенную для него дорожку независимо от другого канала, но строго синхронно (одновременно с ним). Для этого обе головки в записывающем, воспроизводящем и стирающем блоках головок расположены строго по одной вертикальной оси и изолированы магнитными экранами.

Усилители стереофонического магнитофона не отличаются от усилителей монофонических магнитофонов, однако следует учитывать, что все параметры усилителей должны быть достаточно высокими.

К усилителям стереомагнитофонов предъявляются также весьма жесткие дополнительные требования по идентичности параметров обоих каналов, взаимному влиянию каналов и др.

Для сведения к минимуму паразитного проникания сигналов из одного канала в другой необходимо входные и выходные гнезда каждого канала сделать самостоятельными или по крайней мере обеспечить полное статическое экранирование клемм обоих каналов как в прямой, так и в ответной частях сигнального разъема (штекера).

Недопустимо вести провода входных цепей усилителей и регуляторов громкости и тембра в общем экране. Провода от каждого канала должны быть тщательно экранированы не только от источников различных наводок, но и друг от друга.

Крайне нежелательно использовать половинки двойного триода в разных каналах усилителей; лучше добавить в случае необходимости лишнюю лампу.

Каждый из усилительных каналов желательно монтировать на отдельных шасси, предельно удаленных друг от друга.

Источник питания для обоих каналов может быть общим, однако необходимо на выходе выпрямителя предусмотреть раздельные фильтры, полностью исключающие пульсации анодного напряжения в одном из каналов вследствие работы второго канала при полной выходной мощности (максимальном потреблении тока от выпрямителя).

Необходимость одновременного и одинакового изменения громкости и тембра в обоих каналах стереомагнитофона заставляет применять сдвоенные потенциометры, управляемые одной ручкой. К таким потенциометрам предъявляются весьма жесткие требования по идентичности изменения их сопротивлений от угла поворота. Особенно эта идентичность важна на начальном участке регулировки (при минимальной громкости), так как при рассогласовании потенциометров уже на 5% в положении, близком к нулевому, сигнал в одном из каналов при уменьшении громкости может пропасть полностью, тогда как во втором канале он будет еще достаточно громко прослушиваться, что нарушит естественность звучания.

Если приобретение готовых сдвоенных потенциометров связано с трудностями, можно в крайнем случае изготовить их самостоятельно из двух одинаковых одиночных потенциометров.

На рис. 6-33 показаны два возможных варианта спаривания одиночных потенциометров. Все шестерни должны быть одинаковыми по диаметру и модулю. Для спаривания отбираются потенциометры, наиболее близкие по абсолютной величине сопротивления и главное по зависимости регулируемой величины сопротивления от угла поворота оси.

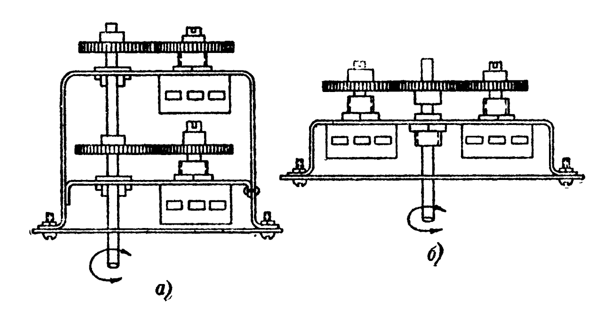


Рис 6-33. Способы спаривания одиночных потенциометров.

а — вертикальная конструкция; *б* — горизонтальная конструкция.

Техника любительской записи на магнитофоне

Вопросы техники записи на магнитофоне не имеют прямого отношения к вопросам конструирования магнитофонов, однако незнание правил записи, переписи и монтажа зачастую приводит к неверным или неоправданным решениям при конструировании магнитофонов. Зная, например, каким образом можно осуществлять наложение одной записи на другую, радиолюбитель при конструировании аппарата заложит в него так называемое «трюковое» устройство.

Связь между содержанием записей и параметрами магнитофона, как это ни странно на первый взгляд, существует. Объясняется это тем, что содержание музыкальных произведений обычно предполагает вполне определенный исполнительский состав, который в свою очередь определяет такие параметры источника сигнала, как полосу частот, динамический диапазон и др. Мужской голос в сопровождении гитары, например, имеет довольно ограниченную полосу частот как со стороны верхней, так и со стороны нижней границ и весьма небольшой динамический диапазон, что позволяет воспроизводить подобные записи на магнитофонах 3-го класса при скоростях протяжения ленты 9,53 и даже 4,76 *см/сек.*

В то же время хорошо воспроизвести запись большого симфонического оркестра не удается даже на студийных магнитофонах высшего класса, не говоря уже о любительских аппаратах, из-за невозможности передать динамический диапазон, присущий большому оркестру. Поэтому записывать симфонические произведения имеет смысл только на магнитофонах 1-го класса и при скорости движения ленты не ниже 19,05 *см/сек.*

Учитывая сказанное, рекомендуется при выборе скорости и типа ленты для различных записей придерживаться указаний, приведенных в табл. 6-3.

Таблица 6-3

Содержание записи, исполнительский состав	Скорость записи, *см/сек*	Тип ленты
Опера, балет, симфонические произведения, большой хор и оркестр	19,05	6
Инструментальные ансамбли, эстрадные и джаз-оркестры, оперетта	19,05	6 или CR
Камерная, вокальная, легкая и танцевальная музыка, песни	9,53	2 или CH
Мужское пение под гитару, мелодекламация, художественное чтение	9,53 и 4,76	2 или CH
Семейная хроника, репортажные записи	9,53 и 4,76	2 или CH
Запись лекций, диктовка	4,76 и 2,38	2 или CH

Выбор типа ленты и скорости записи обусловливается не только содержанием записи, но и параметрами того источника, с которого осуществляется запись. Если, например, осуществляется перепись с магнитофильма, записанного на ленте типа 2 со скоростью 9,53 *см/сек*, то совершенно бессмысленно производить запись со скоростью 19,05 *см/сек* и на ленте типа 6 (табл. 6-4). Если будет записываться с трансляционной сети передача эстрадного оркестра, то лучше писать на ленте типа CR и со скоростью движения ленты 19,05 *см/сек*. Если же в качестве источника сигнала используется выход радиоприемника, работающего на средних или коротких волнах, тот же концерт целесообразнее записывать при скорости 9,53 *см/сек* и на более дешевой ленте типа 2 или CH.

Выбор числа дорожек при записи определяется назначением записи и ее продолжительностью. Если, например, осуществляется запись большой музыкальной программы (эстрада, музыка для танцевального вечера и т. п.), слушать которую предполагается целиком и подряд, лучше всего использовать две дорожки в четырехдорожечных магнитофонах — четыре). Этим достигается значительная экономия ленты.

Записи, подлежащие в дальнейшем монтажу, нужно писать только на одной дорожке независимо от того, сколько дорожек имеется в данном аппарате. На одной дорожке нужно записывать наиболее ценные фонограммы, которые в дальнейшем нельзя будет повторить (например, записи голосов детей для семейного фоноальбома, уникальные репортажи и т. п.).

С этих однодорожечных записей в дальнейшем можно снять копию уже на две дорожки, а однодорожечный подлинник нужно хранить отдельно на случай порчи копии.

Высококачественные записи на ленте типа 6 и при скорости 19,05 *см/сек* также лучше писать на одной дорожке, несмотря на довольно значительный расход ленты, чтобы исключить возможность

Таблица 6-4

Источник сигнала	Скорость записи, *см/сек*	Тип ленты
Студийный магнитофон: скорость воспроизведения 38,1 или 19,05 *см/сек* . . .	19,05	6 или CR
Бытовые магнитофоны типов «Яуза», «Днепр», «Мелодия», «Комета» . .	19,05 и 9,53	6, 2, CR и CH
Городская трансляционная сеть (1-й класс)	19,05	6, CR
Радиоприемник в диапазоне УКВ, телевизор (с детектора)	19,05	6, CR
Радиоприемник на диапазонах КВ, СВ и ДВ	9,53 и 4,76	2, CH
Грамзапись на долгоиграющих пластинках	19,05 и 9,53	2, CR и CH
Грамзапись на прочих видах носителей (пластинках)	9,53 и 4,76	2, CH
Микрофон в специально оборудованной комнате или студии	9,53	2, CH, CR
Микрофон в обычной комнате	9,53 и 4,76	2, CH
Микрофон на открытом воздухе, в лесу, в шумном помещении	4,76 и 2,38	2, CH

случайного попадания записи второй дорожки на первую за счет неточной установки головок по высоте или случайных колебаний ленты по вертикали. В дальнейшем с этой ленты можно снять двухдорожечную копию, а оригинал размагнитить.

Монтаж записей можно осуществлять двумя способами — путем склейки отдельных кусков ленты и путем переписки отдельных подлежащих монтажу отрывков на другую, «чистую» ленту в необходимой последовательности.

Первый способ может обеспечить более высокое качество смонтированной записи, однако для этого необходимо выполнение ряда условий: все подлежащие монтажу записи должны быть сделаны на ленте не только одного типа, но по возможности из одной партии; уровень каждой записи не должен отличаться от уровня остальных записей больше, чем на 5—10%.

Рис. 6-34. Схема устройства для «трюковых» записей.

Значительно проще осуществить монтаж вторым способом, но для этого нужно иметь два магнитофона. К записывающему магнитофону предъявляется одно обязательное требование — наличие механизма кратковременной остановки ленты, позволяющего останавливать запись без остановки двигателя.

Записывающий магнитофон надо запускать на 3—5 *сек* раньше и останавливать на 3—5 *сек* позже, чем магнитофон, с которого снимается сигнал.

Начинать запись нужно с таким расчетом, чтобы в начале кассеты оставалось не менее 3—5 *м* «чистой» ленты, не считая ракорда. В конце кассеты также должен оставаться небольшой кусок «чистой» ленты. Если окажется, что конец записи не умещается на ленте (не хватает 1—2 ленты), не нужно доводить запись до конца ленты; за 2—3 *сек* до этого момента надо с помощью регулятора уровня записи плавно свести уровень записи на нет.

Для наложения одной записи на другую (например, для вписывания дикторских ремарок или комментариев на предварительно записанную музыкальную программу) лучше всего предусмотреть в магнитофоне устройство для «трюковых» записей. Оно представляет собой несложный коммутатор, состоящий из тумблера и кнопочного переключателя (рис. 6-34).

Вместо кнопочного переключателя с двумя переключающими группами можно применить реле любого типа, а кнопкой коммутировать его обмотку.

Для наложения записи тумблер *П* ставят в положение «Трюк». Места, на которые нужно сделать накладку, находят путем прослушивания и отмечают по счетчику либо с помощью бумажных закладок. Когда нужное место ленты подходит к головкам, магнитофон включается в режим записи, нажимают кнопку, «Трюк» и немедленно начинают новую запись. Немедленно по окончании накладываемой записи кнопку «Трюк» нужно отпустить, иначе дальнейший участок записи окажется наполовину стертым.

Конструкции любительских магнитофонов

Конструкции любительских магнитофонов могут быть весьма разнообразны, однако можно дать несколько конкретных рекомендаций, связывающих конструкцию магнитофона с другими его параметрами и классом качества.

Стационарный магнитофон 1-го класса лучше всего собрать в настольном деревянном корпусе с откидывающейся крышкой, под которой размещена стальная плита-основание из 3—4-миллиметровой стали, которая не будет прогибаться и деформироваться под тяжестью трех двигателей и одновременно будет служить надежным экраном, защищающим блок головок от сильных магнитных и электрических полей двигателей.

Вся механо-кинематическая часть магнитофона крепится непосредственно на этой плите, причем с наружной (верхней) стороны плиты должны быть только винты с потайной головкой. Это позволит закрыть плиту сверху декоративной панелью, которую лучше всего сделать из тонкого (0,5—1,0 *мм*) алюминия, покрашенного «молотковой» или обычной нитроэмалью либо обработанного способом цветного анодирования. Не следует применять «муаровые» краски, так как на поверхностях, покрашенных «муаром», быстро скапли-

вается пыль. Усилитель записи, усилитель воспроизведения и блок питания лучше всего разместить на самостоятельных, раздельных шасси. Все элементы схемы коммутации рода работ также лучше сделать в виде самостоятельного, законченного, тщательно экранированного узла.

Электрические соединения между всеми блоками осуществляют с помощью кросса — связанных в жгут монтажных проводов, заканчивающихся разъемами. Схему разводки проводов в кроссе нужно заранее тщательно продумать и начертить в натуральную величину. По такому чертежу легко вымерить все длины соединительных проводов и выбрать кратчайшие из нескольких возможных. Лучше применять разноцветные провода и на схеме кросса проставить все цвета и номера контактов разъемов; это позволит в дальнейшем легко ориентироваться в схеме при ремонте и регулировках магнитофона. Провода цепей, являющихся источниками сильных полей или, наоборот, легко подверженных наводкам, нужно экранировать с соблюдением правил монтажа, описанных в разделе «Входные цепи усилителя» (гл. 3).

При размещении двигателей и вращающихся узлов на плите-основании необходимо заранее предусмотреть специальные отверстия — капельницы или трубочки-маслопроводы для того, чтобы можно было легко осуществлять смазку всех подшипников без разборки магнитофона. Каналы смазки должны быть предусмотрены для каждого подшипника всех двигателей.

В отношении оконечного усилителя и акустической системы такого магнитофона возможны два решения. В первом случае, если у любителя уже имеется хорошая мощная низкочастотная установка (отдельный автономный УНЧ универсального назначения «радиокомбайн» или просто хороший приемник с высококачественной акустической системой), нет смысла делать в магнитофоне мощный оконечный усилитель и самостоятельную акустическую систему. Правильнее будет предусмотреть в нем низкоомный линейный выход по схеме катодного повторителя, сигнал с которого можно будет подвести кабелем (РК-19) ко входу автономного УНЧ или УНЧ приемника.

Если же у радиолюбителя нет отдельного хорошего усилителя, тогда имеет смысл внутри футляра магнитофона собрать на отдельном шасси обособленный УНЧ с выходной мощностью 8—12 *вт*, глубокими раздельными регулировками тембра, тонкомпенсированным регулятором громкости и входным коммутатором, который позволит использовать усилитель не только в режиме воспроизведения магнитных записей, но и как низкочастотную часть приемника, телевизора, проигрывателя.

Акустическую систему лучше всего сделать выносной (одну или две колонки) либо, при отсутствии такой возможности, расположить по одному громкоговорителю типа 4ГД-1 на обеих боковых стенках футляра и два громкоговорителя типов 1ГД-9 или 1ГД-18 на передней стенке.

Если магнитофон стереофонический, то все сказанное остается в силе, но и в этом случае компоновку электрической части осуществить лучше так: на одном шасси размещаются усилители записи (УЗ) и усилитель воспроизведения (УК) одного канала, на другом шасси — УЗ и УВ второго канала и на третьем шасси — общий блок питаний всех усилителей и цепей коммутации. Если на одном шасси собирать оба усилителя воспроизведения, а на другом — оба усили-

теля записи, то очень трудно исключить или снизить до необходимого уровня взаимные «пролезания» сигналов из клапана в канал.

Переносные магнитофоны 2-го класса не обязательно делать в чемодане. Можно выполнить такой магнитофон и в виде настольной конструкции в деревянном футляре по типу промышленных магнитофонов серии «Днепр». В этом случае в конструкции должны быть заложены предельное уменьшение веса, совмещение центра тяжести аппарата с геометрическим центром дна футляра, а также предусмотрены утопленные или декоративно оформленные ручки для переноски магнитофона вдвоем.

Из-за необходимости предельного уменьшения веса верхнюю несущую плиту-основание нужно делать не из стали, а из трех миллиметрового твердого дюраля, а декоративную панель, напротив, из полмиллиметровой листовой стали, чтобы она одновременно выполняла роль магнитного экрана между блоком головок и электродвигателями. Несущую плиту можно сделать и из более тонкого, двухмиллиметрового алюминия (однако при этом, возможно, возникнет необходимость в некоторых местах приклепать уголковые рейки для повышения прочности и исключения перекосов плиты-основания), а нижние основания двигателей обязательно укрепить на днище футляра (но ни в коем случае не на шасси!) с помощью резиновых амортизаторов, чтобы двигатели не висели на плите.

Шасси можно сделать общее, но в его подвале желательно предусмотреть глухие перегородки для отсеков УК, УЗ и блока питания. Силовую часть (трансформатор питания и дроссели фильтров) лучше разместить в центре шасси, причем таким образом, чтобы их вес уравновешивал вес двигателей для оптимального расположения центра тяжести. УЗ и УВ в этом случае располагаются «линейками» вдоль правого и левого боков шасси.

Высококачественный УНЧ и хорошую широкополосную акустическую систему в переносных магнитофонах даже второго класса делать не нужно. Лучше сделать внутри магнитофона простейший УНЧ с выходной мощностью 1—1,5 *вт*, нагруженный на один громкоговоритель типа 2ГД-3 (или на два громкоговорителя типа 1ГД-18), а для высококачественного воспроизведения предусмотреть низкоомный линейный выход (катодный повторитель) на внешний мощный широкополосный усилитель.

Переносный магнитофон «чемоданного» типа должен иметь совсем иную конструкцию. В этом случае вся механическая часть магнитофона собирается на трехмиллиметровой плите из дюраля, вся электрическая часть — на коробчатом шасси с четырьмя боковыми стенками, отогнутыми вниз и сваренными (в крайнем случае склепанными) по углам. По периметру шасси делают 6—8 стоек трубчатого или уголкового профиля, усиленных при необходимости ребрами жесткости, на которые сверху крепится плита-основание с механической частью. Подобным образом сделан, к примеру, промышленный магнитофон «Мелодия».

Главное в конструкции этого типа — полностью освободить футляр от каких бы то ни было нагрузок. Все механические нагрузки должно воспринимать либо шасси, либо плита-основание. Это позволит сделать сам чемодан легким, сохранив за ним чисто декоративную, а не силовую функцию. Нужно придерживаться принципа: не магнитофон крепится к футляру, а футляр к магнитофону.

С этих же позиций должна быть продумана и конструкция ручки для переноски магнитофона. Лучше всего ее сделать такой, чтобы

нагрузка при транспортировке передавалась не футляру, а самому магнитофону.

В качестве материала для футляра при такой конструкции лучше выбирать легкие декоративные пластмассы, тонкую фанеру либо сделать футляр каркасным, обтянув его синтетической пленкой, металлической сеткой, кожзаменителем или другим декоративным материалом.

Можно использовать и настоящий фабричный чемодан туристского типа, отделанный красивыми искусственными кожами (под «крокодила», «черепаху» и т. п.), скомпоновав магнитофон внутри чемодана с учетом его размеров.

Акустику в таком чемодане нужно делать самую простейшую — один или два громкоговорителя типа 1ГД-9 или 1ГД-18 и однoламповый оконечный УНЧ на лампе типа 6Ф3П.

Магнитофоны 3-го класса на транзисторах нужно делать предельно малыми по габаритам и весу, поскольку они по своему целевому назначению рассчитаны на частую переноску, использование в туристических походах, на массовках и т. п.

Наиболее рациональной радиолюбительской конструкцией магнитофонов этого класса можно считать несущий сварной или клепаный каркас из тонких (1 *мм*) железных или дюралевых уголков, сверху которого укрепляется панель лентопротяжного механизма, а под ней размещается вся электрическая часть. Панель лентопротяжного механизма можно сделать из дюралюминия толщиной 1,5—2,0 *мм*, а электрический монтаж в этом случае целесообразно выполнить на печатных платах.

Это объясняется тем, что при очень скученном монтаже нужно применять специальные меры, чтобы исключить замыкания между деталями и проводами. Лучшая из этих мер — печатный монтаж.

Изготовление печатных плат в домашних условиях совсем несложно. На кусок фольгированного гетинакса нужного размера со стороны фольги через копировальную бумагу переводят рисунок схемы, а затем любой нитрокраской закрашивают проводящие дорожки и все то, что должно остаться на готовой плате. Когда краска высохнет, плату погружают в раствор хлорного железа на время, необходимое для того, чтобы вся фольга в незакрашенных местах полностью растворилась (приблизительно 1—2 *ч* в зависимости от концентрации и температуры раствора). Время от времени раствор необходимо помешивать.

После того как все незакрашенные места фольги окажутся вытравленными, плату промывают горячей водой, просушивают, а затем смывают краску растворителем или ацетоном. Наконец, в плате просверливают все необходимые отверстия, а в те места, куда будут припаиваться соединительные провода, вставляют и расклепывают пустотелые заклепки.

Весьма жесткие требования предъявляются в портативных переносных конструкциях и ко всем переключателям, как механическим, так и электрическим. Они должны обеспечивать четкую надежную фиксацию во всех положениях и полностью исключить возможность самопроизвольного выключения или переключения при тряске и вибрациях.

Все тяжелые или крупногабаритные детали должны быть закреплены непосредственно на раме каркаса или панели лентопротяжного механизма. Недопустимо крепление таких деталей на печатных

платах, при котором механическую нагрузку несут не приспособленные для этого электрические выводы.

Нельзя также крепить тяжелые конденсаторы и резисторы непосредственно на ламелях переключателей, выводах потенциометров, трансформаторов и т. п., так как при переноске аппарата эти детали будут раскачивать их выводные лепестки и в конце концов могут их обломить.

Блок головок в магнитофонах всех классов лучше всего делать в виде отдельного самостоятельного узла на собственной стальной платформе. Помимо головок с юстировочными приспособлениями, на этой платформе должны быть установлены направляющие колонки для пленки, резиновые ролики или оклеенные фетром лапки для прижима ленты к головкам.

Весь этот узел должен быть легкосъемным, но в тоже время должно обеспечиваться надежное и без перекосов крепление узла на плите лентопротяжного механизма.

Легко должна сниматься также декоративная крышка, закрывающая снаружи узел блока головок. Это требование легко удовлетворить, если в трех-четырех местах припаять или приварить к крышке однополюсные штырьки от вилки сетевого шнура (с продольным пропилом), а в соответствующих местах плиты-основания сделать калиброванные отверстия. Если штырьки немного разжать, то обеспечивается надежное крепление крышки.

В заключение можно посоветовать радиолюбителям во всех портативных переносных транзисторных магнитофонах использовать для питания специальную кассету или обойму с гальваническими элементами, заряжаемую отдельно и вставляемую в предназначенный для этого отсек с контактным разъемом. Это позволяет при необходимости перезарядить питание магнитофона за несколько секунд, что бывает очень важно при репортажных записях.

ЛИТЕРАТУРА

Куликовский А. А., Болошин И. А., Потрясай В. Ф., Основы учебного проектирования радиоприемников, Госэнергоиздат, 1956.

Шуцкой К. А., Проектирование приемников АМ- и ЧМ-сигналов, Госэнергоиздат, 1958.

Гинкин Г. Г., Справочник по радиотехнике, ГЭИ, 1943.

Ельяшкевич С. А., Справочник по телевизионным приемникам, изд-во «Энергия», 1964.

Фельдман Л. Д., Как работает телевизор, изд-во «Энергия», 1964.

Мирослав Гурка, Магнитофон, Госэнергоиздат, 1964.

Колищук В. Т., Травников Е. Н., Конструирование и расчет магнитофонов, изд-во «Техника», Киев, 1965.

Сборник переводных материалов «Магнитная запись звука», составитель В. А. Бургов, изд-во «Искусство», 1956.

Курбатов Н. В., Яновский Е. Б., Узлы и детали магнитофонов, изд-во «Энергия», 1965.

Методика испытаний магнитофонов, Труды ВНАИЗ, вып. 4, 1958.

Корольков В. Г., Электрические схемы магнитофонов, Госэнергоиздат, 1959.

Цена 61 коп.